

CFG 3025 US

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 9月14日

出 願 番 号

Application Number

特願2001-278956

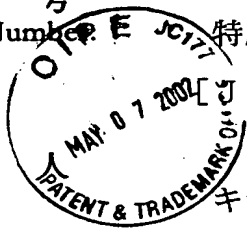
[ST.10/C]:

[JP2001-278956]

出 願

Applicant(s):

キヤノン株式会社

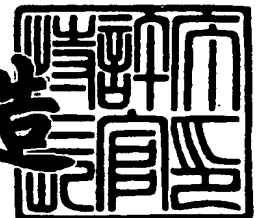


RECEIVED
MAY -8 2002
TECHNOLOGY CENTER 2800

2002年 3月15日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2002-3016841

【書類名】 特許願

【整理番号】 4529005

【提出日】 平成13年 9月14日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 26/10
G02B 27/17
G11B 21/10
G01L 3/10
B62D 5/04
B81B 3/00

【発明の名称】 マイクロ構造体、マイクロ力学量センサ、マイクロアクチュエータ、マイクロ光偏向器、光走査型ディスプレイ、及びそれらの製造方法

【請求項の数】 28

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社
社内

【氏名】 加藤 貴久

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社
社内

【氏名】 安田 進

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社
社内

【氏名】 廣瀬 太

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社
社内

【氏名】 八木 隆行

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社
社内

【氏名】 水谷 英正

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社
社内

【氏名】 島田 康弘

【特許出願人】

【識別番号】 000001007

【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代表者】 御手洗 富士夫

【代理人】

【識別番号】 100086483

【弁理士】

【氏名又は名称】 加藤 一男

【電話番号】 0471-91-6934

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2001- 47297

【出願日】 平成13年 2月22日

【手数料の表示】

【納付方法】 予納

【予納台帳番号】 012036

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

特 2 0 0 1 - 2 7 8 9 5 6

【包括委任状番号】 9704371

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 マイクロ構造体、マイクロ力学量センサ、マイクロアクチュエータ、マイクロ光偏向器、光走査型ディスプレイ、及びそれらの製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板と、少なくとも一つ以上の揺動体を有し、前記揺動体が 1 本以上のトーションスプリングによって前記基板に対して弾性的に揺動自由に支持されているマイクロ構造体において、前記トーションスプリングは、その長軸に垂直な面の断面形状が回転対称形状であり、且つ実質的に扁平な形状部分の組み合わせで構成され、該扁平な形状部分は最も撓みやすい方向が交差するように配置されていることを特徴とするマイクロ構造体。

【請求項 2】 前記トーションスプリングのねじり中心軸が、ほぼ前記揺動体の重心を通ることを特徴とする請求項 1 に記載のマイクロ構造体。

【請求項 3】 前記トーションスプリングの材質が単結晶材料から成ることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のマイクロ構造体。

【請求項 4】 前記単結晶材料がシリコン単結晶であることを特徴とする請求項 3 に記載のマイクロ構造体。

【請求項 5】 前記基板、揺動体、トーションスプリングが共通の基板から一体的に形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れかに記載のマイクロ構造体。

【請求項 6】 (1 0 0) シリコン基板が用いられ、トーションスプリングが該シリコン基板の異方性エッチングで形成されて、その外面を画する該 (1 0 0) シリコン基板面に対する斜面が (1 1 1) 面であることを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れかに記載のマイクロ構造体。

【請求項 7】 前記基板或いは揺動体に繋がるトーションスプリングの付け根部の外面を画する該 (1 0 0) シリコン基板面に対する面が (1 1 1) 面であることを特徴とする請求項 6 に記載のマイクロ構造体。

【請求項 8】 前記トーションスプリングの横断面形状が X 字状であることを特徴とする請求項 6 または 7 に記載のマイクロ構造体。

【請求項 9】 平板状基板が用いられ、トーションスプリングが該平板状基板の

深掘リエッチングで形成されて、その外面を画する面が該平板状基板面とこの面に対する垂直面或いは平行面から成ることを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れかに記載のマイクロ構造体。

【請求項 1 0】前記トーションスプリングの横断面形状が X 字状、十字状、H 字状、N 字状、或いは S 字状であることを特徴とする請求項 1 乃至 9 の何れかに記載のマイクロ構造体。

【請求項 1 1】前記トーションスプリングの角部が等方性エッチングで軽く丸くされて、前記トーションスプリングの角部への応力集中が緩和されていることを特徴とする請求項 1 乃至 1 0 の何れかに記載のマイクロ構造体。

【請求項 1 2】前記揺動体が一つであり、直線に沿って伸びた一つないし一对のトーションスプリングによって該揺動体が前記基板に対して弾性的に略該直線の回りに揺動自由に支持されていることを特徴とする請求項 1 乃至 1 1 の何れかに記載のマイクロ構造体。

【請求項 1 3】前記揺動体が複数であり、該複数の揺動体が入れ子式に配置され、各揺動体が、各直線に沿って伸びた一对のトーションスプリングによって、その外側の揺動体或いは前記基板に対して弾性的に略該各直線の回りに揺動自由に支持されていることを特徴とする請求項 1 乃至 1 1 の何れかに記載のマイクロ構造体。

【請求項 1 4】前記各直線が互いに角度を成して伸びていることを特徴とする請求項 1 3 に記載のマイクロ構造体。

【請求項 1 5】前記角度が 9 0 度であることを特徴とする請求項 1 4 に記載のマイクロ構造体。

【請求項 1 6】前記揺動体が複数であり、該複数の揺動体がトーションスプリングを介在させて直列的に配置され、最も外側の揺動体が前記基板にトーションスプリングを介在させて支持されていることを特徴とする請求項 1 乃至 1 1 の何れかに記載のマイクロ構造体。

【請求項 1 7】請求項 1 乃至 1 6 の何れかに記載のマイクロ構造体と、前記基板と前記揺動体の相対変位を検出する変位検出手段を有することを特徴とするマイクロ力学量センサ。

【請求項 1 8】請求項 1 乃至 1 6 の何れかに記載のマイクロ構造体と、前記揺動体を前記基板に対して相対的に駆動する駆動手段を有することを特徴とするマイクロアクチュエータ。

【請求項 1 9】前記駆動手段が、固定コアと、該固定コアを周回するコイルと、前記揺動体に接合された可動コアからなる電磁アクチュエータであることを特徴とする請求項 1 8 に記載のマイクロアクチュエータ。

【請求項 2 0】請求項 1 乃至 1 6 の何れかに記載のマイクロ構造体と、前記揺動体を前記基板に対して相対的に駆動する駆動手段と、前記揺動体に設けられた光反射手段を有することを特徴とするマイクロ光偏向器。

【請求項 2 1】前記駆動手段が、固定コアと、該固定コアを周回するコイルと、前記揺動体に接合された可動コアからなる電磁アクチュエータであることを特徴とする請求項 2 0 に記載のマイクロ光偏向器。

【請求項 2 2】前記光反射手段が、光反射面或いは回折格子であることを特徴とする請求項 2 0 または 2 1 に記載のマイクロ光偏向器。

【請求項 2 3】請求項 2 0 乃至 2 2 の何れかに記載のマイクロ光偏向器と、変調可能な光源と、前記光源の変調と前記マイクロ光偏向器の揺動体の動作を制御する制御手段を有することを特徴とする光走査型ディスプレイ。

【請求項 2 4】請求項 6 乃至 8 の何れかに記載のマイクロ構造体の製造方法であって、(1 0 0) シリコン基板の両面にマスク層を成膜する工程と、前記両面のマスク層を前記揺動体とトーションスプリングの形態に応じてパターニングする工程と、前記(1 0 0) シリコン基板を異方性エッチングする工程を含むことを特徴とするマイクロ構造体の製造方法。

【請求項 2 5】前記異方性エッチングをアルカリ溶液を用いて行うことを特徴とする請求項 2 4 に記載のマイクロ構造体の製造方法。

【請求項 2 6】請求項 9 または 1 0 に記載のマイクロ構造体の製造方法であって、基板の両面にマスク層を成膜する工程と、前記両面のマスク層を前記揺動体とトーションスプリングの形態に応じてパターニングする工程と、前記基板を片面より深掘りエッチングする工程と、前記基板を他面より深掘りエッチングする工程を含むことを特徴とするマイクロ構造体の製造方法。

【請求項 2 7】 前記基板がシリコン基板であることを特徴とする請求項 2 6 に記載のマイクロ構造体の製造方法。

【請求項 2 8】 前記トーションスプリングの角部を等方性エッチングして、前記トーションスプリングの角部を丸くし、前記トーションスプリングの角部への応力集中を緩和する工程を更に含むことを特徴とする請求項 2 4 乃至 2 7 の何れかに記載のマイクロ構造体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、マイクロマシンないしマイクロ構造体の分野に関するものである。より詳しくは、軸回りに揺動する部材を有するマイクロ力学量センサ、マイクロアクチュエータ、マイクロ光偏向器等に関するものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

機械要素を小型化しようとする、と、体積力よりも、表面力の占める割合が大きくなり、摩擦の影響が通常の大さの機械よりも大きくなることは良く知られている。そのため、マイクロマシンの設計においては、摺動部や回転部を極力少なくするように考慮するのが一般的である。

【0 0 0 3】

軸回りに揺動する部材を有する光偏向器の従来例を説明する。図 2 5 は、米国特許第 4 3 1 7 6 1 1 号明細書に開示された光偏向器の斜視図を示している。図 2 6 は、その内部構造を説明するために、上記光偏向器を分解して表示した図である。また、図 2 7 と図 2 8 は、それぞれ、図 2 5 の切断線 1 0 0 3 と 1 0 0 6 におけるシリコン薄板 1 0 2 0 の断面図を示している。

【0 0 0 4】

上記光偏向器において、絶縁性材料からなる基板 1 0 1 0 には、凹み部 1 0 1 2 が形成されている。凹み部 1 0 1 2 の底部には、一対の駆動電極 1 0 1 4、1 0 1 6 およびミラー支持部 1 0 3 2 が配置されている。シリコン薄板 1 0 2 0 には、トーションバー 1 0 2 2、1 0 2 4 とミラー 1 0 3 0 が一体に形成されてい

る。ミラー 1 0 3 0 は、表面に光の反射率の高い物質がコーティングされており、トーションバー 1 0 2 2、1 0 2 4 により揺動自由に支持されている。そして、シリコン薄板 1 0 2 0 は、駆動電極 1 0 1 4、1 0 1 6 と所定の間隔を保つように基板 1 0 1 0 上に対抗配置されている。

【 0 0 0 5 】

ここで、シリコン薄板 1 0 2 0 は、電氣的に接地されている。従って、駆動電極 1 0 1 4、1 0 1 6 に交互に電圧を印加することで、ミラー 1 0 3 0 に静電引力を作用させて、ミラー 1 0 3 0 をトーションバー 1 0 2 2、1 0 2 4 の長軸の回りに揺動させられる。

【 0 0 0 6 】

トーションバー 1 0 2 2、1 0 2 4 の断面形状は、図 2 8 に示すような台形である。ところが、この様な断面形状のトーションバーを有するマイクロ構造体は、トーションバーが撓みやすいため、外部の振動を拾ってしまったり、トーションバーの軸がぶれてしまい、正確な駆動ができないという問題点があった。

【 0 0 0 7 】

そのため、この様な光偏向器を光走査型ディスプレイに適用した場合に、外部振動によって像がぶれたり、スポット形状が変化してしまうという問題点があった。これは、光走査型ディスプレイを持ち運び容易な形態にした場合に、より大きな問題となる。

【 0 0 0 8 】

そこで、トーションバーを撓みにくくするために、次のような構造が提案されている。図 2 9 は、10th International Conference on Solid-State Sensors and Actuators (Transducers ' 99) pp.1002-1005にて開示されたハードディスクヘッド用ジンバルである。このジンバルは、ハードディスクヘッド用サスペンションの先端に取り付けられ、磁気ヘッドにロールとピッチの動きを弾性的に許容させるためのものである。ジンバル 2 0 2 0 は、内側にロールトーションバー 2 0 2 2、2 0 2 4 で回転自由に支持された支持棒 2 0 3 1 を有している。また、支持棒 2 0 3 1 の内側には、ピッチトーションバー 2 0 2 6、2 0 2 8 で回転自由に支持されたヘッド支持体 2 0 3 0 が形成されている。ロールトーションバー

2022、2024とピッチトーシヨンバー2026、2028のねじれの軸（図29の直交する鎖線参照）は、互いに直交しており、それぞれ、ヘッド支持体2030のロールとピッチの動きを担当している。

【0009】

図30は、図29中の切断線2006における断面図である。図30に示すように、トーシヨンバー2022の断面形状はT字形状をしており、また、ジンバル2020はリブを有する構造になっている。

【0010】

図31を用いて、本ジンバルの作製工程を説明する。まず、型取り用シリコンウエハー2091に、ICP-RIE（誘導結合プラズマ反応性イオンエッチング）のようなエッチング法を用いて、垂直エッチングを行う（a）。この型取り用シリコンウエハー2091は、再利用が可能である。次に、型取り用シリコンウエハー2091の上に、シリコン酸化膜とリン酸化ガラスからなる犠牲層2092を成膜する（b）。続いて、構造体となるポリシリコン層2093を成膜する（c）。そして、このポリシリコン層2093のパターニングを行う（d）。最後に、犠牲層2092を除去し、パターニングされたパッド2095にエポキシ樹脂2094でポリシリコン層2093を接着する（e）。

【0011】

この様にして作製されたT字断面を有するトーシヨンバーは、円断面や長方形断面のような断面形状を有するトーシヨンバーと比べて、断面二次極モーメントJが小さいわりに、断面二次モーメントIが大きいという特徴がある。そのため、比較的ねじれやすい割りに、撓みにくいトーシヨンバーを提供できる。つまり、ねじれ方向に十分なコンプライアンスを確保しながら、ねじれの軸に垂直な方向には剛性の高いトーシヨンバーを提供できる。

【0012】

また、必要なコンプライアンスや許容ねじれ角を得るための長さが短いトーシヨンバーを提供できるため、より小型化できるという利点もある。

【0013】

こうして、このT字断面を有するトーシヨンバーを用いることで、ロール、ピ

ッチ方向に十分なコンプライアンスを持ち、その他の方向には十分な剛性を有し、より小型化が可能なマイクロジンバルを提供できる。

【 0 0 1 4 】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、このマイクロ構造体には、次のような問題点があった。

1. T字断面形状のトーションバーは、ねじれの軸中心が、揺動体の重心からずれてしまう。このことを、図を使用して説明する。図 2 3 は、一端を固定されたT字断面のトーションバー 9 2 2 の他端に揺動体 9 3 0 が支持されている様子を示している。また、図 2 4 は、図 2 3 の矢印方向から見た側面図を示している。図 2 4 に示すように、T字断面のトーションバー 9 2 2 のねじれの中心 9 0 1 と揺動体 9 3 0 の重心 9 0 2 は、位置がずれている。そのため、揺動すると、ねじれの軸に垂直な方向に加振力が生じてしまう。このことは、マイクロ力学量センサにおいてはノイズの原因となり、マイクロアクチュエータにおいては、不要な方向の動きとなり、マイクロ光偏向器においては、走査光のぶれの原因となっていた。

【 0 0 1 5 】

2. ポリシリコンは、単結晶シリコンに比べて内部損失が大きい、機械的なQ値が低くなってしまう。そのため、機械的な共振を利用して駆動する際に、振動振幅を大きくできない。また、損失が大きい、エネルギー効率が低い。

【 0 0 1 6 】

本発明の目的は、この様な問題点を解決した、軸回りに揺動する部材を有するマイクロ力学量センサ、マイクロアクチュエータ、マイクロ光偏向器等に適用できるマイクロマシンないしマイクロ構造体、その製造方法を提供することにある。

【 0 0 1 7 】

【課題を解決するための手段】

上記問題点を解決するための本発明のマイクロ構造体は、基板と、少なくとも一つ以上の揺動体を有し、前記揺動体が1本以上のトーシヨンスプリングによって前記基板に対して弾性的に揺動自由に支持されているマイクロ構造体であって

、前記トーションスプリングは、その長軸に垂直な面の断面形状が回転対称形状であり、且つ実質的に扁平な形状部分の組み合わせで構成され、該扁平な形状部分は最も撓みやすい方向が交差するように配置されていることを特徴とする。トーションスプリングの断面形状をこの様にするこゝで、比較的ねじれやすく、ねじれの軸に角度をなす方向に対して撓みにくい構造を実現することができる。

【 0 0 1 8 】

この基本構成に基づいて、以下の如きより具体的な形態が可能である。

上記基本構成では、前記トーションスプリングのねじり中心軸が、ほぼ前記揺動体の重心を通る様に容易にできる。トーションスプリングのねじれの軸中心が揺動体の重心付近を通過する構成とすることにより、揺動体を安定にねじり振動可能となる。トーションスプリングのねじれの軸中心と揺動体の重心が一致していないと、揺動体のねじり振動に伴って、この不一致のために、ねじれの軸に垂直な方向に加振力が加わって不要な振動や変位が生じ易い。したがって、ねじれの軸中心が揺動体の重心付近を通過する構成とすることにより、マイクロ光偏向器などのマイクロ構造体の不要振動を低減できる。

【 0 0 1 9 】

典型的には、前記トーションスプリングの材質がシリコン単結晶、水晶などの単結晶材料から成る。また、前記基板、揺動体、トーションスプリングは、共通のシリコン単結晶、水晶などの単結晶材料基板からエッチングなどで一体的に形成され得る。

【 0 0 2 0 】

また、(1 0 0) シリコン基板が用いられて、トーションスプリングが該(1 0 0) シリコン基板の異方性エッチングで形成されて、その外面を画する該(1 0 0) 基板面に対する斜面が(1 1 1) 面である様にできる。この際、前記基板或いは揺動体に繋がるトーションスプリングの付け根部の外面を画する(1 0 0) 基板面に対する面も、(1 1 1) 面である様にできる。(1 1 1) 面は高精度且つ滑らかに形成されるので、作製されたトーションスプリングは破断し難いものとなる。更に、トーションスプリングの付け根部分の面も(1 1 1) 斜面とすれば、ここへの応力集中が緩和できて、トーションスプリングの信頼性を高めら

れる。

【 0 0 2 1 】

また、シリコンなどの平板状基板が用いられて、トーションスプリングが該平板状基板のICP-RIEなどを用いる深掘リエッチングで形成されて、その外面を画する面が該平板状基板面とこの面に対する垂直面或いは平行面から成る様にもできる。

【 0 0 2 2 】

回転対称形状であり、且つ実質的に扁平な形状部分の組み合わせで構成され、該扁平な形状部分は最も撓みやすい方向が交差するように配置されているトーションスプリングの横断面形状としては、X字状、十字状、H字状、N字状（図 2 2（a）参照）、角張ったS字状（図 2 2（b）参照）などの形状がある。

【 0 0 2 3 】

前記トーションスプリングの角部（急峻な楔部分など）が等方性エッチングで軽く丸くされて、そこへの応力集中が緩和されてもよい。

【 0 0 2 4 】

マイクロ構造体の形態としては、前記揺動体が一つであり、直線に沿って伸びた一つないし一对のトーションスプリングによって該揺動体が前記基板に対して弾性的に略該直線の回りに揺動自由に支持されている形態を採り得る。一对のトーションスプリングの形態は後述の実施例に説明されているが、揺動体が充分軽量で一つのトーションスプリングで支障なく揺動自由に支持され得る場合には、こうした形態も用途に応じて使用できる。

【 0 0 2 5 】

他のマイクロ構造体の形態としては、前記揺動体が複数であり、該複数の揺動体が入れ子式に配置され、各揺動体が、各直線に沿って伸びた一对のトーションスプリングによって、その外側の揺動体或いは前記基板に対して弾性的に略該各直線の回りに揺動自由に支持されている形態も採り得る。2つの揺動体が入れ子式に配置された例は図 2 9 に示されている。必要であれば、3つ以上の揺動体が入れ子式に配置された形態も実現できる。前記各直線が互いに成す角度は、典型的には90度であるが（図 2 9 の例参照）、これも、必要であれば90度以外の

角度であってもよい。

【 0 0 2 6 】

更なる他のマイクロ構造体の形態としては、前記揺動体が複数であり、該複数の揺動体がトーションスプリングを介在させて直列的に配置され、最も外側の揺動体が前記基板にトーションスプリングを介在させて支持されている形態も採り得る。例えば、比較的小質量の揺動体をトーションスプリングを介在させて比較的大質量の揺動体で挟み、両側の大質量の揺動体をトーションスプリングを介在させて基板に繋げ、これら3つのトーションスプリングを一直線に沿って伸びる形態として、この形態において、大質量の揺動体の駆動で小質量の揺動体を間接的に駆動する。いずれにせよ、本発明のマイクロ構造体は、トーションスプリングが、その長軸に垂直な面の断面形状が回転対称形状であり、且つ実質的に扁平な形状部分の組み合わせで構成され、該扁平な形状部分は最も撓みやすい方向が交差するように配置されていることに特徴があり、その形態は用途に応じて種々のものであり得る。

【 0 0 2 7 】

更に、上記問題点を解決するための本発明のマイクロ力学量センサは、上記のマイクロ構造体と、基板と揺動体の相対変位を検出する変位検出手段を有することを特徴とする。変位検出手段としては、従来公知のものを使用できて、例えば、静電容量の変化を電圧変化で検知して基板と揺動体の相対変位を検出するものがある。その具体例としては、特開平8-145717、特開2000-65664、特開2000-292434号公報などに開示されている。

【 0 0 2 8 】

更に、上記問題点を解決するための本発明のマイクロアクチュエータは、上記のマイクロ構造体と、前記揺動体を前記基板に対して相対的に駆動する駆動手段を有することを特徴とする。前記駆動手段としては、固定コアと、該固定コア（軟磁性体で形成されたりする）を周回するコイルと、前記揺動体に接合された可動コア（軟磁性体或いは硬磁性体の永久磁石で形成されたりする。両者では駆動原理が異なり、前者では、軟磁性体の磁極は決まっておらず、固定コアに磁束が発生する時には磁気回路の磁束を切る軟磁性体の断面積の増す方向に磁束内へ軟

磁性体が吸引される駆動力が起こり、磁束消滅時にはそれから解放されるのに対して、後者では、硬磁性体の磁極は決まっており、異或いは同磁極間の磁力（吸引力或いは反発力）が駆動力である）からなる電磁アクチュエータであったり、静電引力を利用するものであったりする。

【 0 0 2 9 】

更に、上記問題点を解決するための本発明のマイクロ光偏向器は、上記のマイクロ構造体と、揺動体を基板に対して相対的に駆動する駆動手段と、前記揺動体に設けられた光反射手段を有することを特徴とする。駆動手段については、上で述べた通りである。光反射手段としては、光反射面或いは回折格子があり、後者では1つのビームを複数のビーム（回折光）として偏向することもできる。

【 0 0 3 0 】

更に、上記問題点を解決するための本発明の光走査型ディスプレイは、上記のマイクロ光偏向器と、変調可能な光源（半導体レーザなど）と、前記光源の変調と前記マイクロ光偏向器の揺動体の動作を制御する制御手段を有することを特徴とする。

【 0 0 3 1 】

更に、上記問題点を解決するための本発明のマイクロ構造体の製造方法は、（100）シリコン基板の両面にマスク層を成膜する工程と、前記両面のマスク層を前記揺動体とトーションスプリングの形態に応じてパターニングする工程と、前記（100）シリコン基板をアルカリ溶液などを用いて異方性エッチングする工程を含むことを特徴とする。

【 0 0 3 2 】

更に、上記問題点を解決するための本発明のマイクロ構造体の他の製造方法は、シリコン基板などの材料基板の両面にマスク層を成膜する工程と、前記両面のマスク層を前記揺動体とトーションスプリングの形態に応じてパターニングする工程と、前記材料基板を片面よりICP-RIEなどを用いて深掘りエッチングする工程と、前記材料基板を他面よりICP-RIEなどを用いて深掘りエッチングする工程を含むことを特徴とする。

【 0 0 3 3 】

これらのマイクロ構造体の製造方法において、前記トーションスプリングの角部を軽く等方性エッチングして、そこを丸くし、そこへの応力集中を緩和してもよい。

【 0 0 3 4 】

【作用】

本発明のマイクロ構造体の作用について説明する。

本発明のマイクロ光偏向器においては、上述したように、トーションスプリングの断面形状を回転対称形状とし、トーションスプリングが実質的に扁平な形状部分の組み合わせで構成されるようにしている。さらに、これらの扁平な形状部分はそれぞれ最も撓みやすい方向が交差するように配置されている。図 8 に本発明のトーションスプリングの横断面形状の 1 例を示している。(a) は X 字状の多角形状を示している。(b) は、(a) の X 字状の多角形が、破線の囲み部分 A、B、C のように実質的に扁平な形状部分の組み合わせで構成されていることを示している。そして、(c) は、(b) の扁平な形状部分 A、B、C の最も撓みやすい方向を示している。

【 0 0 3 5 】

トーションスプリングの断面形状をこの様にする事で、トーションスプリングのねじれの中心の回りに比較的ねじれやすくて、ねじれの軸に角度をなす方向に対して撓みにくい構造を実現することができる。なぜなら、該角度をなす方向に撓ませようとしても、図 8 (c) に示すように扁平な形状部分の最も撓みやすい方向が交差しているため、その方向に材料の比較的厚い部分があって該厚い部分が撓みを防止しようと働くからである。

【 0 0 3 6 】

さらに、トーションスプリングの断面形状が回転対称形状であるので、トーションスプリングのねじれの軸中心が揺動体の重心付近を通過する構造にすることが容易にできる。そのため、揺動体を安定にねじり振動可能となり、ねじれの軸に垂直な方向の不要な発生力が揺動時に生じないマイクロ光偏向器等のマイクロ構造体を容易に実現できる。加えて、素材として単結晶材料を使用する場合には、機械的な Q 値の高い構造を実現できる。単結晶材料としては、入手の容易で機

械特性に優れた（すなわち、比較的軽量でありながら物理的強度、耐性、寿命に優れた）単結晶シリコンを使用するのが好適である。

【 0 0 3 7 】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明の実施の形態を明らかにすべく、図面を参照しつつ実施例を説明する。

【 0 0 3 8 】

[実施例1]

図1は、本発明の実施例1のマイクロ光偏向器を説明するための斜視図である。図2は、内部構造を説明するために、上記マイクロ光偏向器を分解して示した図である。図3は、図1の切断線106におけるシリコン単結晶薄板120の断面を示している。

【 0 0 3 9 】

実施例1のマイクロ光偏向器において、ガラス基板110には、凹み部112が形成されている。凹み部112の底部には、一对の駆動電極114、116および三角柱状のミラー支持部132が配置されている。ミラー支持部132は、可能であれば、無くしてもよい。シリコン単結晶薄板120には、バルクマイクロマシニング技術により、トーションスプリング122、124とミラー130が、一体に形成されている。本実施例の特徴であるトーションスプリング122、124は、図3に示すように、断面形状がX字形状になっている。この形状は、図3より明らかなように、4つの内角が180度よりも大きい120度角形であり、また、回転対称形状である。

【 0 0 4 0 】

ミラー130は、平板の表面に光の反射率の高い物質がコーティングされて形成されており、X字形状のトーションスプリング122、124によりこの長軸の回りに揺動自由に支持されている。そして、シリコン単結晶薄板120は、ミラー130が駆動電極114、116と所定の間隔を保つようにガラス基板110上に対抗配置されている。トーションスプリング122、124の長軸に沿ったミラー130の下面はミラー支持部132の頂線部に接していて、該頂線部に

沿う揺動軸の回りでミラー 1 3 0 が揺動可能になっている。

【 0 0 4 1 】

シリコン単結晶薄板 1 2 0 は、電氣的に接地されている。従って、駆動電極 1 1 4、1 1 6 に交互に電圧を印加することで、ミラー 1 3 0 に静電引力を作用させて上記揺動軸の回りにミラー 1 3 0 を揺動させることができる。駆動力は静電引力に限らず、磁気力などを使うこともできる。この場合は、駆動電極の代わりに電磁石を設置してミラー 1 3 0 の下面に硬磁性材料の永久磁石などを固定する構成をとることになる。

【 0 0 4 2 】

上記光偏向器の作製法について、図 6 と図 7 を用いて、以下に詳しく述べる。

図 6 (a) ～ (g) は図 1 の切断線 1 0 6 における断面を表し、図 7 (a) ～ (e) は、図 2 の切断線 1 0 9 における断面を表している。

【 0 0 4 3 】

まず、図 6 に沿ってシリコン単結晶薄板 1 2 0 の加工について述べる。

1. シリコン単結晶薄板 1 2 0 の両面に、マスク層 1 5 0 (例えば、 SiO_2 や低圧化学気相成長法で作製した窒化シリコン等) を成膜する。シリコン単結晶薄板 1 2 0 には、(1 0 0) 基板を使用する。そして、フォトリソグラフィ技術で、マスク層 1 5 0 のパターニングを行う (a) 。このパターニングに使用するマスクパターンを図 4 に示す。図 4 に示すマスクパターンは、トーションスプリング 1 2 2、1 2 4 とミラー 1 3 0 の外形に沿って w_a の幅を有する開口部 1 9 1 が形成されており、また、幅 w_b のトーションスプリングの長手方向の中心線に沿って w_g の幅を有する開口部 1 9 0 が形成されている。

【 0 0 4 4 】

2. KOH のようなアルカリ溶液である異方性エッチング溶液を用いて、シリコン単結晶薄板 1 2 0 の両面からエッチングを行う。シリコンの異方性エッチングは、(1 0 0) 面で速く進み、(1 1 1) 面で遅く進むため、エッチングは、まず、掘り進むにつれて開口部が狭くなるように進行する (b) 。

【 0 0 4 5 】

3. w_g の幅を有する開口部 1 9 0 においては、基板 1 2 0 の中央に達する前に

すべての面が(1 1 1)面になりエッチングがストップするため、V字状の溝(図3に示す様に、深さ d_g で、幅 W_g である)が形成される。また、 W_a の幅を有する開口部1 9 1においては、基板1 2 0を貫通するまでエッチングが進行する(c)。図5に示すように、(1 1 1)面は、(1 0 0)面に対して、 54.7° の角度を有するため、開口部の幅 w とV溝の深さ d の関係は、 $d=w/2 \cdot \tan 54.7^\circ$ である。従って、ここでは、 $W_g < 2t/\tan 54.7^\circ$ 、 $W_a > 2t/\tan 54.7^\circ$ の関係を満たしている。ここで、 t はシリコン単結晶薄板1 2 0の厚みである。

【0 0 4 6】

4. 開口部1 9 1の上下からの穴が貫通したあとは、エッチングは側方に進んでいく(d、e)。

【0 0 4 7】

5. (1 1 1)面に到達して、エッチングがストップする。このときトーションスプリング1 2 2、1 2 4の断面はX形状になる(f)。図3に示す様に、このX字断面の側部のV溝の深さは k_b で、幅は t である。この際、(1 1 1)面は高精度且つ滑らかに形成されるので、作製されたX形状のトーションスプリング1 2 2、1 2 4は破断し難いものとなる。更に、上記異方性エッチングにより、トーションスプリング1 2 2、1 2 4の付け根部分のV溝の面(図2(a)に1 2 2 a、1 2 4 aで示す)も図2(b)に示すように(1 1 1)斜面となるので、ここへの応力集中が緩和できて、トーションスプリングの信頼性を高め、ミラーの光偏向角を大きくできる。

【0 0 4 8】

6. 上記異方性エッチング後、ガスや酸により等方性エッチングを行い、V溝の急峻な楔部分やトーションスプリングの角部の角を丸くしてもよい。こうすれば、これらの部分への応力集中を緩和できる。

【0 0 4 9】

7. 次に、マスク層1 5 0を除去する(g)。

8. 最後に、ミラー1 3 0を洗浄し、表面に光反射膜を成膜する。

【0 0 5 0】

続いて、図7に沿ってガラス基板1 1 0の加工法について述べる。

1. ガラス基板 1 1 0 の両面にマスク層 1 5 1 (レジスト等) を成膜する (a)。

【0 0 5 1】

2. マスク層 1 5 1 をパターンニングする (b)。三角柱状のミラー支持部 1 3 2 と凹み部 1 1 2 がエッチングで形成される様にパターンニングする。

【0 0 5 2】

3. 凹み部 1 1 2 の深さが $25\mu\text{m}$ になるように、エッチングを行う (c)。このとき、三角柱状のミラー支持部 1 3 2 が形成される。

【0 0 5 3】

4. マスク層 1 5 1 を除去し、凹み部 1 1 2 に所定のパターンの駆動電極 1 1 4、1 1 6 を形成する (d)。

【0 0 5 4】

5. 図 1 に示すようなマイクロ光偏向器の形態になるように、シリコン単結晶薄板 1 2 0 とガラス基板 1 1 0 を接合する (e)。

【0 0 5 5】

以上のように、本実施例の製造方法によれば、異方性エッチングを 1 度行うだけで、X 字形状断面を有するトーションスプリング 1 2 2、1 2 4 を製造することができる。図 3 に示すように断面が X 字形状になっている本実施例の光偏向器のトーションスプリング 1 2 2 (1 2 4) は、断面二次極モーメント J が小さい割に、断面二次モーメント I が大きいという特徴がある。また、その横断面形状が回転対称形状なので、揺動時にねじれの軸に垂直な方向の加振力が生じないマイクロ構造体を実現できる。

【0 0 5 6】

本実施例によれば、単結晶シリコンをトーションスプリングの素材に使用することで、ポリシリコンに比べて、より壊れにくく、より小型化が可能で、共振駆動したときに振動振幅が大きくエネルギー効率の高い、機械的な Q 値が大きなマイクロ構造体を実現できる。

【0 0 5 7】

また、揺動したときにトーションスプリングの軸に垂直な方向に振動しにくい

ので、精度が高いマイクロ光偏向器を実現でき、機械的なQ値が高いために共振駆動したときに振動振幅が大きく、エネルギー効率の高いマイクロ光偏向器を実現できる。更に、本実施例の製造方法を用いることで、比較的容易にX字形状の断面を有するトーションスプリングを製造することができる。

【0058】

[実施例2]

図9は、本発明の実施例2の加速度センサを説明するための斜視図である。図10は、内部構造を説明するために、上記加速度センサを分解して示した図である。また、図11は、図9の切断線206における単結晶シリコン薄板220の断面を示している。

【0059】

本実施例の加速度センサにおいて、絶縁性基板210には、凹み部212が形成されている。凹み部212の底部には検出電極216が配置されている。シリコン薄板220には、一对のトーションスプリング222、224と可動部材230が、一体に形成されている。本実施例の特徴であるトーションスプリング222、224は、図11より分かるように、それぞれ、断面形状が十字形状になっている。これは、4つの内角が 270° 、8つの内角が 90° の12角形断面であり、回転対称形状である。そして、実質的に扁平な形状部分の組み合わせで構成され、該扁平な形状部分は最も撓みやすい方向が交差（ここでは 90° ）するように配置されている

【0060】

可動部材230は、トーションスプリング222、224によりその長軸の回りに揺動自由に支持されている。そして、シリコン単結晶薄板220は、検出電極216と所定の間隔を保つように絶縁性基板210上に対抗配置されており、電氣的に接地されている。

【0061】

以上の構成において、シリコン単結晶薄板220に対して垂直な方向に加速度が作用すると、可動部材230に慣性力が作用し、可動部材230は、トーションスプリング222、224の長軸の回りに回転変位する。可動部材230が回

転変位すると、検出電極 2 1 6 との距離が変化するため、可動部材 2 3 0 と検出電極 2 1 6 の間の静電容量が変化する。そのため、検出電極 2 1 6 とシリコン単結晶薄板 2 2 0 の間の静電容量を従来周知の手段で検出することで、加速度を検出することができる。

【 0 0 6 2 】

また逆に、検出電極 2 1 6 に電圧を印加すると、可動部材 2 3 0 と検出電極 2 1 6 の間に静電引力が作用し、可動部材 2 3 0 はトーションスプリング 2 2 2、2 2 4 の長軸の回りに揺動する。つまり、本実施例の加速度センサは、静電アクチュエータとしても使用することができる。

【 0 0 6 3 】

上記加速度センサの作製法について、図 1 2 と図 1 3 を用いて、以下に詳しく述べる。図 1 2 (a) ~ (f) は図 9 の切断線 2 0 6 における断面を表し、図 1 3 (a) ~ (e) は図 1 0 の切断線 2 0 9 における断面を表している。

【 0 0 6 4 】

まず、図 1 2 に沿って単結晶シリコン薄板 2 2 0 の加工法を述べる。

1. シリコン薄板 2 2 0 の両面に、マスク層 2 5 0 (例えば、レジスト等)を成膜し、図 1 0 に示すような形態のシリコン薄板 2 2 0 をエッチングで形成できるようにパターニングをフォトリソグラフィ技術で行う (a)。シリコン薄板 2 2 0 は、可能であれば、ポリシリコンであってもよいし、またその面方位は問わない。

【 0 0 6 5 】

2. ICP-RIE のような深掘りエッチング法を用いて、十字形状のトーションスプリング 2 2 2、2 2 4 と可動部材 2 3 0 と枠部以外のシリコン薄板部分を両面より一定の深さまで垂直エッチングを行う (b)。この深さは、断面が十字形状のトーションスプリング 2 2 2、2 2 4 の横棒部の厚さを規定するものである (この深さの約倍が横棒部の厚さとなる)。トーションスプリング 2 2 2、2 2 4 の縦棒部の厚さは次の新たなマスク層 2 5 1 の中央のストライプ部の幅で規定される。

【 0 0 6 6 】

3. マスク層 2 5 0 を除去した後に、新たなマスク層 2 5 1 を成膜し、パターンニングを行う (c)。

4. 再び、ICP-RIEのようなエッチング法を用いて、垂直エッチングを行う。まず、エッチングは図中下面から行い、2. で掘った場所の深さがシリコン薄板 2 2 0 の厚み中央に達するまで行う (d)。

5. 今度は、2. で掘った場所がシリコン薄板 2 2 0 を貫通するまで図中上面から垂直エッチングを行う (e)。

6. 最後に、マスク層 2 5 1 を除去する (f)。

【0 0 6 7】

次に、図 1 3 に沿って絶縁性基板 2 1 0 の加工法を述べる。

1. 絶縁性基板 2 1 0 の両面にマスク層 2 5 2 (レジスト等) を成膜する (a)。

【0 0 6 8】

2. 図 1 0 に示すような形態の絶縁性基板 2 1 0 をエッチングで形成できるようにマスク層 2 5 2 をパターンニングする (b)。

【0 0 6 9】

3. 凹み部 2 1 2 の深さが $15\ \mu\text{m}$ になるように、エッチングを行い、凹み部 2 1 2 を形成する (c)。

【0 0 7 0】

4. マスク層 2 5 2 を除去し、凹み部 2 1 2 に検出電極 2 1 6 を蒸着などで形成する (d)。

【0 0 7 1】

5. 図 9 に示すような加速度センサの形態になるように、シリコン薄板 2 2 0 とガラス基板 2 1 0 を接合する (e)。

【0 0 7 2】

本実施例の特徴である図 1 1 のような十字状の断面形状を有するトーションスプリングにおいても、断面二次極モーメント J が小さいわりに、断面二次モーメント I が大きいという特徴がある。更に、T字断面のトーションスプリングと異なり、断面形状を回転対称にすることで、揺動したときに、ねじれの軸に垂直な

方向の加振力が生じないマイクロ構造体を実現できる。

【0073】

また、単結晶シリコンを素材に使用したことで、ポリシリコンに比べて機械的なQ値が大きいマイクロ構造体を実現できる。また、揺動時に可動部がねじりの軸に垂直な方向に振動しにくくなるため、ノイズの少ない力学量センサを実現でき、従来よりも機械的なQ値が高く、感度の高い力学量センサを実現できる。

【0074】

また、本実施例によれば、揺動時に可動部がねじりの軸に垂直な方向に振動しにくいため、動きの精度が高いマイクロアクチュエータを実現でき、従来よりも機械的なQ値が高いため、共振駆動を行なったときに振幅を大きくすることができ、また、エネルギー効率の高いマイクロアクチュエータを実現できる。

【0075】

更に、本実施例によれば、比較的容易に本発明のマイクロ構造体を製造することができる。

【0076】

[実施例3]

図14は、本発明の実施例3のマイクロ光偏向器を説明するための斜視図を示している。図15と図16は、それぞれ上面図と側面図である。図16においては、分かりやすくするために、シリコン単結晶薄板320の一部を切断して示している。図17は、本実施例の特徴であるトーションスプリングの構造を説明するための、図14の切断線306におけるシリコン単結晶薄板320の断面図を示している。

【0077】

本実施例のマイクロ光偏向器において、シリコン単結晶薄板320には、バルクマイクロマシニング技術により、トーションスプリング328、329とミラー330が、一体に形成されている。ミラー330の端には、軟磁性体材料からなる可動コア341が固定されている。本実施例の特徴であるトーションスプリング328、329は、図17の断面図に示すように、断面形状がH字形状となっている。これは、4つの内角が 270° 、8つの内角が 90° の12角形であ

り、回転対称形状である。そして、実質的に扁平な形状部分の組み合わせで構成され、該扁平な形状部分は最も撓みやすい方向が交差（90度）するように配置されている

【0078】

ミラー330は、表面に光の反射率の高い物質がコーティングされており、トーションスプリング328、329によりその長軸であるねじり軸の回りに揺動自在に支持されている。

【0079】

ガラス基板340の上には、図15で示す形状の軟磁性体材料からなる固定コア342が配置されており、この固定コア342をコイル345が周回している。そして、シリコン単結晶薄板320とガラス基板340は、可動コア341と固定コア342のほぼ平行に対向する面が、所定の間隔を保つように接合されている。すなわち、ミラー330が揺動するとき、これら対向する面がほぼ平行状態を保ったままその重なり面積（可動コア341が、固定コア342で発生した磁束を切る断面積）が変化する様になっている。可動コア341と固定コア342で2つの間隙を含む閉じた直列磁気回路が形成される。

【0080】

図18を用いて、本実施例の光偏向器の動作について説明する。

コイル345に通電すると、固定コア342が励磁される。図18では、固定コア342の図中手前側がN極に、奥側がS極に励磁されている様子を表している。すると、可動コア341は、上記対向面の重なり面積が増す方向（固定コア342で発生した磁束路に吸引される方向）、即ち図18の矢印の方向に引き付けられる。可動コア341と固定コア342は、図16に示すように、上記対向面の重なり面積が増加できる様に非通電時には高さが異なる状態で配置されているので、トーションスプリング328、329の回りに左回りの回転モーメントが生じる。ミラー330の共振周波数に合わせてコイル345への通電をON/OFFすると、ミラー330がトーションスプリング328、329の回りに共振を起こす。この状態でミラー330に光線を入射することで、光の走査を行うことができる。

【 0 0 8 1 】

次に、本光偏向器の作製方法を説明する。

まず、図 1 9 を用いて、シリコン単結晶薄板 3 2 0 の加工方法を説明する。図中左側は、図 1 4 の切断線 3 0 6 における断面図であり、右側は、切断線 3 0 9 における断面図である。

【 0 0 8 2 】

1. 先ず、シリコン単結晶薄板 3 2 0 の片面に、種電極層 3 6 0 を成膜する。
(a)。

【 0 0 8 3 】

2. 種電極層 3 6 0 の上に、厚膜レジスト層 3 6 1 (例えば、MicroChem社製 SU-8) を成膜し、フォトリソグラフィ技術で可動コア 3 4 1 形成用のパターンニングを行う (b)。

【 0 0 8 4 】

3. 軟磁性体層 3 6 2 を種電極層 3 6 0 の上に電解メッキで成膜する (c)。

【 0 0 8 5 】

4. 厚膜レジスト層 3 6 1 及び種電極層 3 6 0 を除去する (d)。軟磁性体層 3 6 2 の下の種電極層 3 6 0 はそのまま残る。

【 0 0 8 6 】

5. シリコン単結晶薄板 3 2 0 の両面に、マスク層 3 5 0 (例えば、レジスト等) を成膜し、図 1 4 に示す形態の単結晶薄板 3 2 0 形成用のパターンニングをフォトリソグラフィ技術で行う (e)。

【 0 0 8 7 】

6. ICP-RIEのようなエッチング法を用いて、両面より一定の深さまで垂直エッチングを行う (f)。この深さは、断面がH字形状のトーションスプリング 3 2 8、3 2 9 の中央の架橋部の厚さを規定するものである。この深さの倍がこの架橋部の厚さとなる。

7. マスク層 3 5 0 を除去し、新たなマスク層 3 5 1 を成膜、及びパターンニングする (g)。

【 0 0 8 8 】

8. ICP-RIEのようなエッチング法を用いて、下面より垂直エッチングを行う。エッチングは、最も深い部位がシリコン単結晶薄板 3 2 0 の中央に達するまで行う (h)。

【 0 0 8 9 】

9. 更に、ICP-RIEのようなエッチング法を用いて、上面より垂直エッチングを行う。エッチングは、最も深い部位がシリコン単結晶薄板 3 2 0 を貫通するまで行う (i)。トーションスプリング 3 2 8、3 2 9 の部分では、H 字形状のトーションスプリング 3 2 8、3 2 9 の所定の厚さの架橋部を残した所で止る。H 字形状のトーションスプリング 3 2 8、3 2 9 の両側の柱部の厚さ（典型的には架橋部の厚さと等しい）はマスク層 3 5 1 の上下両面の一对のストライプ部の幅で規定される。

1 0. 最後に、マスク層 3 5 1 を除去する (j)。

【 0 0 9 0 】

次に、図 2 0 を用いて、ガラス基板 3 4 0 の加工方法を説明する。図 2 0 は、図 1 4 の切断線 3 0 7 における断面図である。

【 0 0 9 1 】

1. ガラス基板 3 4 0 の片面に種電極層 3 7 0 を成膜する (a)。

2. 種電極層 3 7 0 の上に厚膜レジスト層 3 7 1 を成膜し、固定コイル 3 4 2 形成用のパターニングを行う (b)。

3. 種電極層 3 7 0 の上に、コイル 3 4 5 の下配線層 3 7 2 を電解メッキで成膜する (c)。

4. 下配線層 3 7 2 部分以外の厚膜レジスト層 3 7 1 と種電極層 3 7 0 を除去する (d)。

5. 下配線層 3 7 2 の上に、絶縁層 3 7 3 を成膜し、両側部の配線層 3 8 2、3 8 3 形成用のパターニングを行う (e)。

【 0 0 9 2 】

6. 絶縁層 3 7 3 の上に、種電極層 3 7 4 を成膜する (f)。

7. 種電極層 3 7 4 の上に厚膜レジスト層 3 7 5 を成膜し、固定コア 3 4 2 である軟磁性体層 3 7 6 と両側部の配線層 3 8 2、3 8 3 を形成できる様にパター

ニングを行う（g）。

8. 厚膜レジスト層 3 7 5 の無い種電極層 3 7 4 の部分上に、軟磁性体層 3 7 6 と両側部の配線層 3 8 2、3 8 3 を電解メッキで成膜する（h）。

9. 厚膜レジスト層 3 7 5 と種電極層 3 7 4 を除去する（i）。

1 0. 再び絶縁層 3 7 7 を成膜し、上配線層 3 8 0 形成用のパターニングを行う（j）。このパターニングで、絶縁層 3 7 7 は両側部の配線層 3 8 2、3 8 3 の頂部の所のみ除かれている。

【0 0 9 3】

1 1. 絶縁層 3 7 7 の上に、種電極層 3 7 8 を成膜する（k）。

1 2. 種電極層 3 7 8 の上に厚膜レジスト層 3 7 9 を成膜し、パターニングを行う（l）。このパターニングで、厚膜レジスト層 3 7 9 は両側部の配線層 3 8 2、3 8 3 の外部の所のみ除かれている。

1 3. 種電極層 3 7 8 の上に、上配線層 3 8 0 を電解メッキで成膜する（m）。

1 4. 最後に、厚膜レジスト層 3 7 9 と種電極層 3 7 8 を除去する（n）。

【0 0 9 4】

最終的に、図 1 4 に示すような光偏向器の形態になるように、シリコン単結晶薄板 3 2 0 とガラス基板 3 4 0 を接合する。

【0 0 9 5】

本実施例の特徴である、図 1 7 のような H 字形状断面を有するトーションスプリングにおいても、ねじれやすく、撓みにくいという特徴がある。また、本実施例においても、揺動時に可動部がねじりの軸に垂直な方向に振動しにくくなるため、精度が高く、外乱の影響を受けにくい光偏向器を実現でき、従来よりも機械的な Q 値が高いため、共振駆動を行ったときに、振幅が大きくエネルギー効率が低い。

【0 0 9 6】

[実施例 4]

図 2 1 は、実施例 4 の光走査型ディスプレイを説明する図である。X 光偏向器 4 0 1 と Y 光偏向器 4 0 2 は、実施例 3 の光偏向器と同様のものである。コント

ローラ 4 0 9 は、X 光偏向器 4 0 1 と Y 光偏向器 4 0 2 を制御して、レーザ光線 4 1 0 をラスター状に走査し、表示する情報に応じてレーザ発振器 4 0 5 を変調することで、スクリーン 4 0 7 上に画像を 2 次元的に表示する。

【 0 0 9 7 】

本発明の光偏向器を光走査型ディスプレイに適用することで、画像のぶれが少なく、エネルギー効率が高い光走査型ディスプレイを実現できる。

【 0 0 9 8 】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、トーションスプリングが、その長軸に垂直な面の断面形状が回転対称形状であり、且つ実質的に扁平な形状部分の組み合わせで構成され、該扁平な形状部分は最も撓みやすい方向が交差するように配置されているので、ねじれ易く撓みにくくて、ねじれの軸に垂直な方向に加振力が生じることのないトーションスプリングを持つマイクロ構造体を提供することができる。

【 0 0 9 9 】

また、揺動したときに、ねじれの軸に垂直な方向に加振力が生じることがないため、ノイズの少ないマイクロ力学量センサを提供でき、単結晶材料を用いる場合は機械的な Q 値が高いために、ノイズが少なく、感度の高い、力学量センサを提供できる。また、揺動したときに、ねじれの軸に垂直な方向に加振力が生じることがないため、不要な方向の動きの少ないマイクロアクチュエータを提供でき、単結晶材料を用いる場合は機械的な Q 値が高いために、共振駆動したときに振幅が大きく、また、エネルギー効率の高いマイクロアクチュエータを提供できる。また、揺動したときに、ねじれの軸に垂直な方向に加振力が生じることがないため、走査光のぶれが少ないマイクロ光偏向器を提供でき、単結晶材料を用いる場合は機械的な Q 値が高いために、共振駆動したときに振幅が大きく、また、エネルギー効率の高いマイクロ光偏向器を提供できる。

【 0 1 0 0 】

また、本発明によれば、揺動したときに、ねじれの軸に垂直な方向に加振力が生じることがないため、走査光のぶれが少ない光走査型ディスプレイを提供でき

、単結晶材料を用いる場合は機械的なQ値が高いため、エネルギー効率が高い光走査型ディスプレイを実現できる。

【0101】

更に、本発明の製造方法を用いることで、本発明のマイクロ構造体、マイクロ光偏向器、マイクロ力学量センサ及びマイクロアクチュエータを比較的容易に製造できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施例1の光偏向器を説明するための斜視図である。

【図2】

実施例1の光偏向器を説明するための分解図（a）、及びトーションスプリングの縦断面図（b）である。

【図3】

実施例1の光偏向器を説明するためのトーションスプリングの部分の横断面図である。

【図4】

実施例1の光偏向器を説明するための平面図である。

【図5】

シリコンの異方性エッチングを説明する図である。

【図6】

実施例1の光偏向器のシリコン単結晶薄板の作製プロセスを説明する図である。

【図7】

実施例1の光偏向器のガラス基板の作製プロセスを説明する図である。

【図8】

本発明の作用を説明するためにトーションスプリングの1例の断面を示す図である。

【図9】

本発明の実施例2の加速度センサを説明するための斜視図である。

【図10】

実施例 2 の加速度センサを説明するための分解図である。

【図 1 1】

実施例 2 の加速度センサを説明するためのトーションスプリングの部分の横断面図である。

【図 1 2】

実施例 2 の加速度センサのシリコン単結晶薄板の作製プロセスを説明する図である。

【図 1 3】

実施例 2 の加速度センサのガラス基板の作製プロセスを説明する図である。

【図 1 4】

本発明の実施例 3 の光偏向器を説明する斜視図である。

【図 1 5】

実施例 3 の光偏向器を説明する上面図である。

【図 1 6】

実施例 3 の光偏向器を説明する一部破断した側面図である。

【図 1 7】

実施例 3 の光偏向器のトーションスプリングを説明する断面図である。

【図 1 8】

実施例 3 の光偏向器の動作原理を説明する図である。

【図 1 9】

実施例 3 の光偏向器のシリコン単結晶薄板の作製プロセスを説明する図である。

【図 2 0】

実施例 3 の光偏向器の固定コアとコイルの作製プロセスを説明する図である。

【図 2 1】

本発明の実施例 4 の光走査型ディスプレイを説明する図である。

【図 2 2】

本発明のトーションスプリングの例の断面形状を説明する図である。

【図 2 3】

T 字状断面形状のトーションバーを説明する斜視図である。

【図 2 4】

T 字状断面形状のトーションバーを説明する断面図である。

【図 2 5】

従来の光偏向器を説明するための斜視図である。

【図 2 6】

従来の光偏向器を説明するための分解図である。

【図 2 7】

従来の光偏向器を説明するための断面図である。

【図 2 8】

従来の光偏向器を説明するためのトーションバーの部分の断面図である。

【図 2 9】

従来のハードディスク用ジンバルを説明する上面図である。

【図 3 0】

従来のハードディスク用ジンバルを説明するための断面図である。

【図 3 1】

従来のハードディスク用ジンバルの作製プロセスを説明する図である。

【符号の説明】

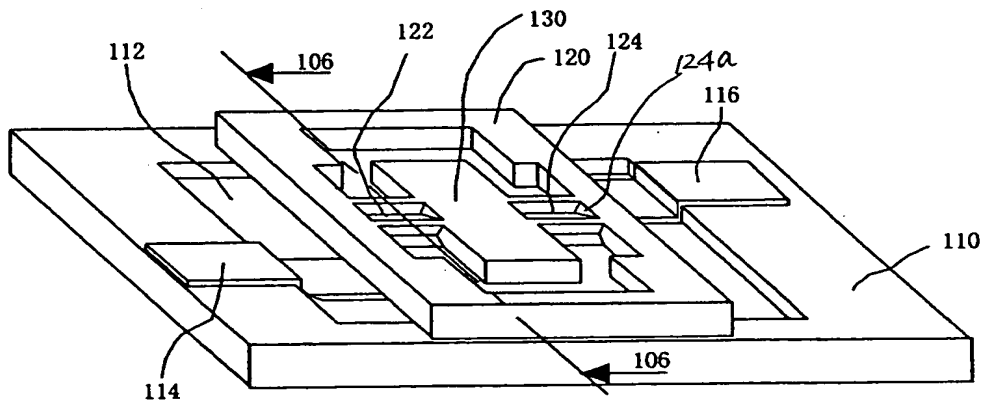
1 1 0、2 1 0、3 4 0	ガラス基板
1 1 2、2 1 2	凹み部
1 1 4、1 1 6	駆動電極
1 2 0、2 2 0、3 2 0	シリコン単結晶薄板
1 2 2、1 2 4、2 2 2、2 2 4、3 2 8、3 2 9	トーションスプリング
1 2 2 a、1 2 4 a	トーションスプリングの付け根部の斜面
1 3 0、3 3 0	ミラー
1 3 2	ミラー支持部
1 5 0、2 5 0、2 5 1、3 5 0	マスク層
2 1 6	検出電極
2 3 0	揺動部材

3 4 1	可動コア	
3 4 2	固定コア	
3 4 5	コイル	
3 6 0、3 7 0、3 7 4、3 7 8	種電極層	
3 6 2、3 7 6	軟磁性体層	
3 6 1、3 7 1、3 7 5、3 7 9	厚膜レジスト層	
3 7 2	下配線層	
3 7 3、3 7 7	絶縁層	
3 8 0	上配線層	
3 8 2、3 8 3	側部配線層	
4 0 1	X光偏向器	
4 0 2	Y光偏向器	
4 0 5	レーザ発振器	
4 0 7	スクリーン	
4 0 9	コントローラ	
4 1 0	レーザ光線	
1 0 1 0	絶縁性基板	
1 0 1 4、1 0 1 6	駆動電極	
1 0 2 0	シリコン薄板	
1 0 2 2、1 0 2 4、2 0 0 1、2 0 0 2	トーションバー	
1 0 3 0、2 0 1 1	ミラー	
1 0 3 2	ミラー支持部	
2 0 2 0	ジンバル	
2 0 2 2、2 0 2 4	ロールトーションバー	
2 0 2 6、2 0 2 8	ピッチトーションバー	
2 0 3 0	ヘッド支持体	
2 0 3 1	支持棒	
2 0 9 1	型取り用シリコンウェハー	
2 0 9 2	犠牲層	

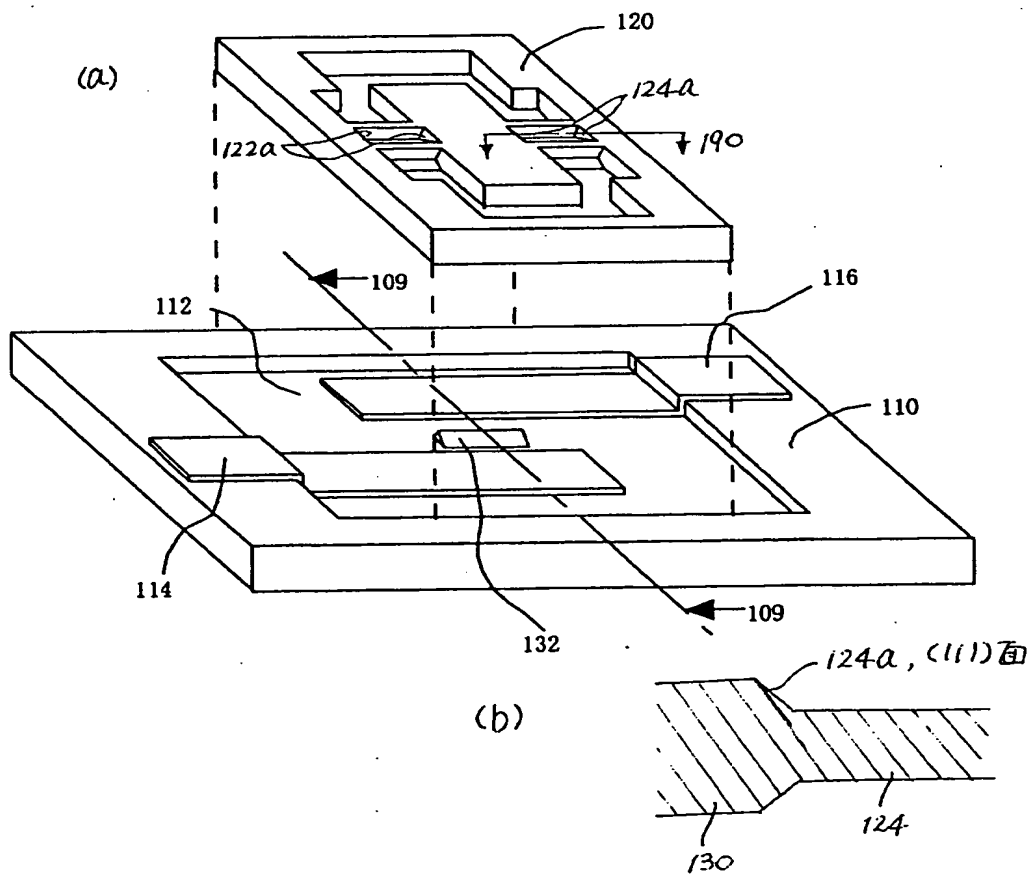
2 0 9 3	ポリシリコン層
2 0 9 4	エポキシ樹脂
2 0 9 5	パッド

【書類名】 図面

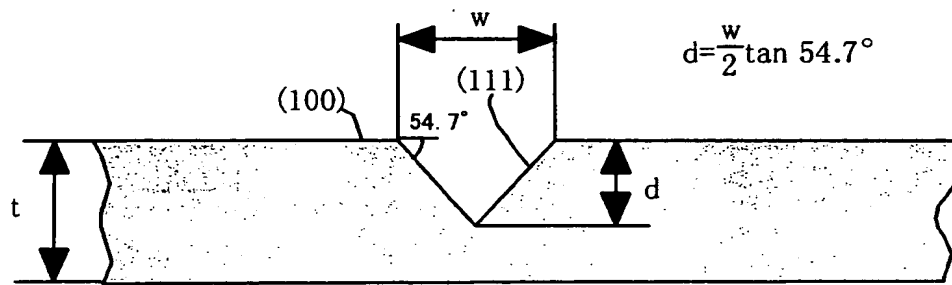
【図 1】



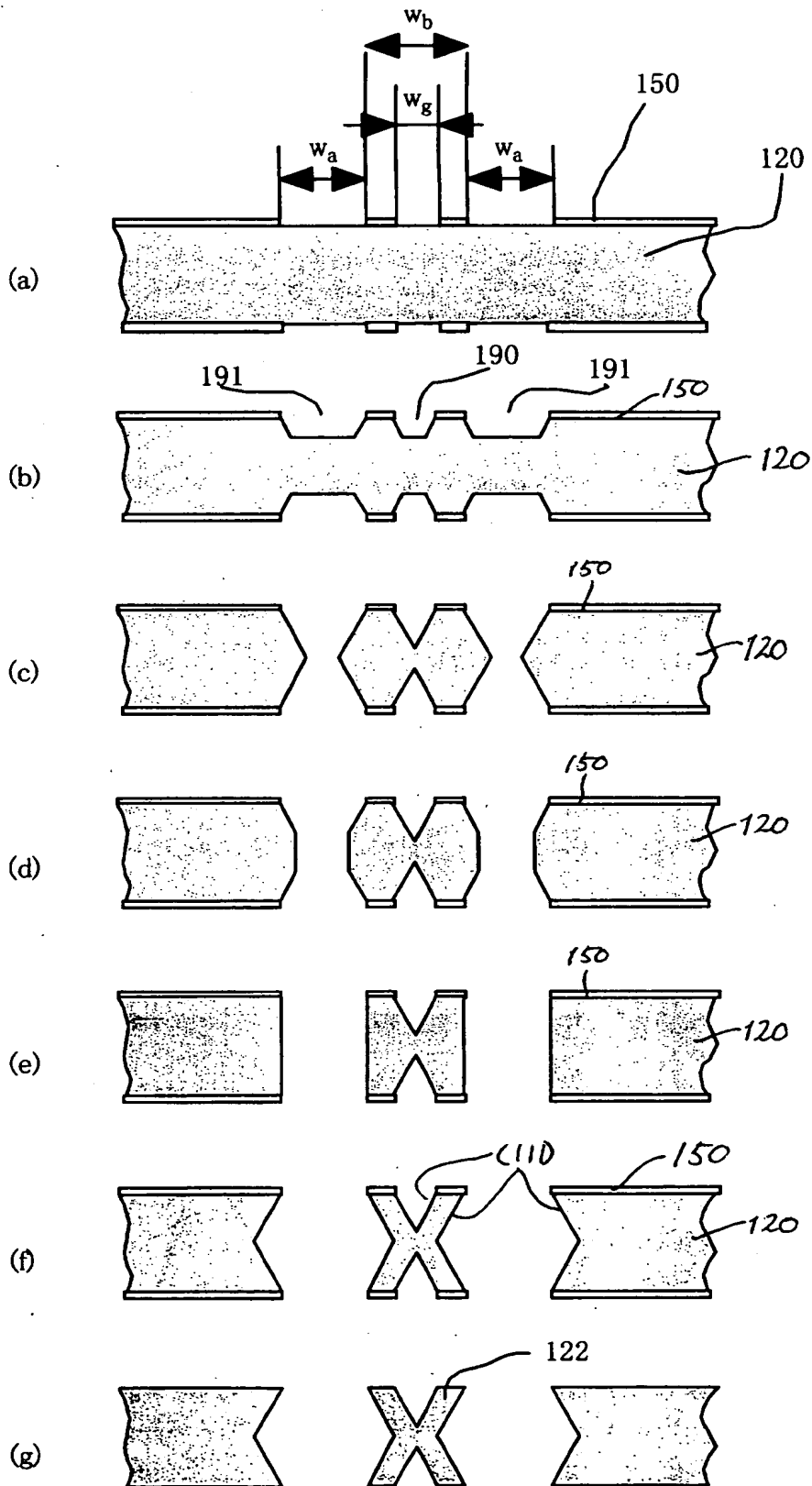
【図 2】



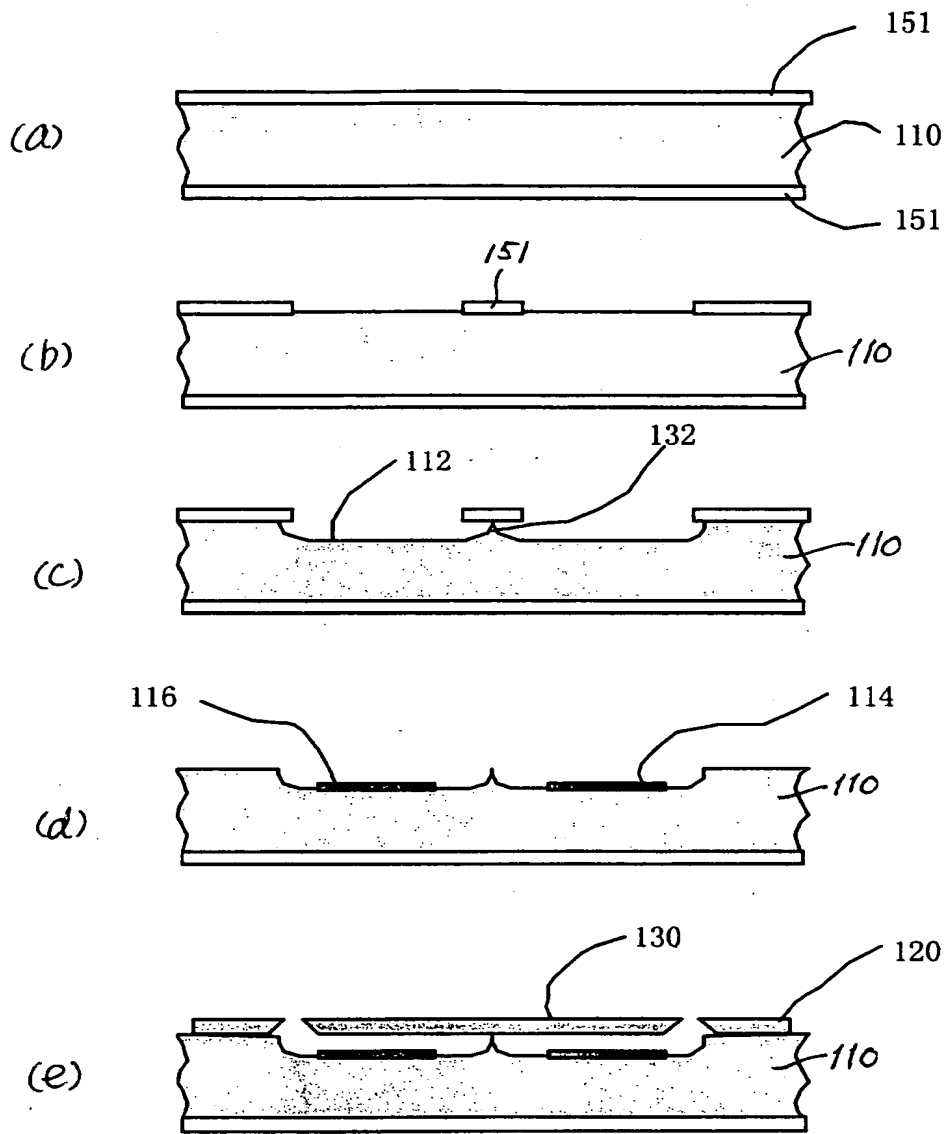
【図 5】



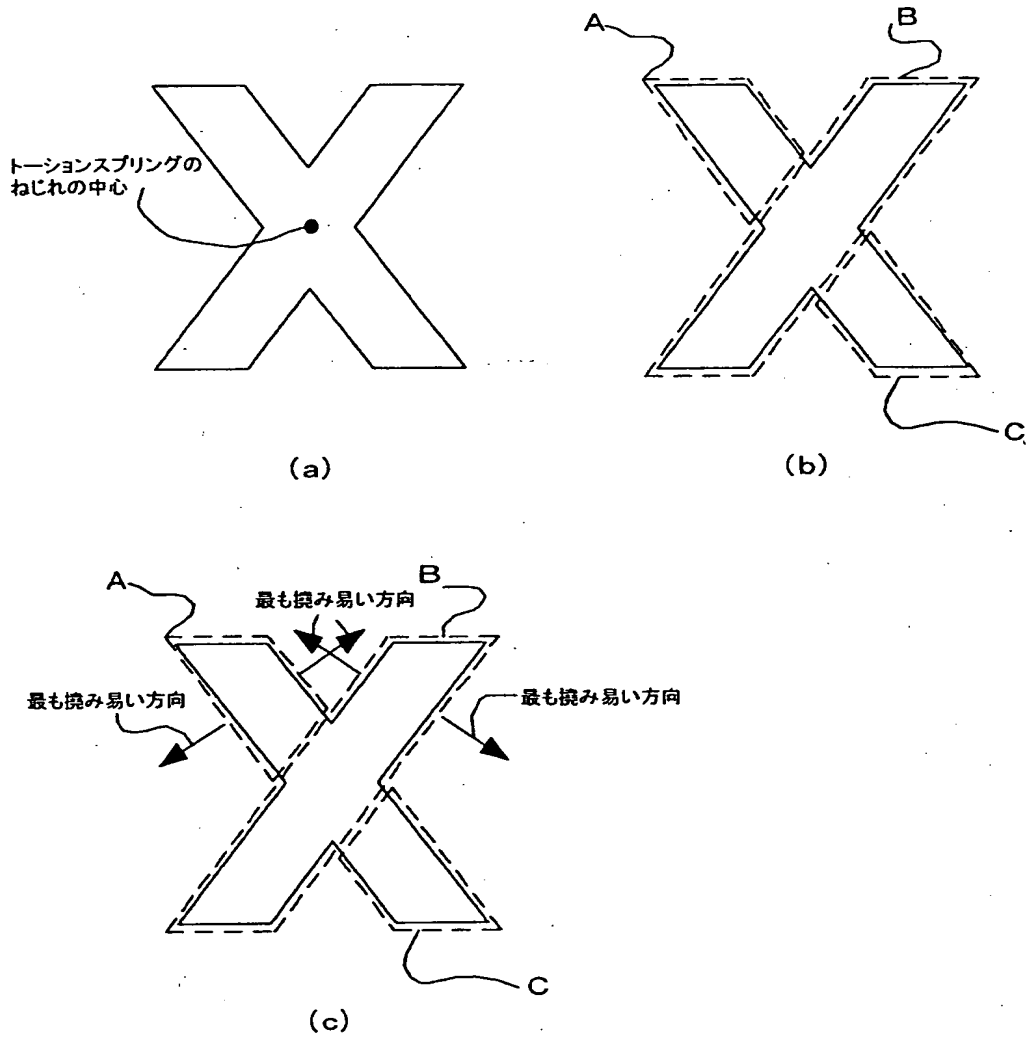
【図 6】



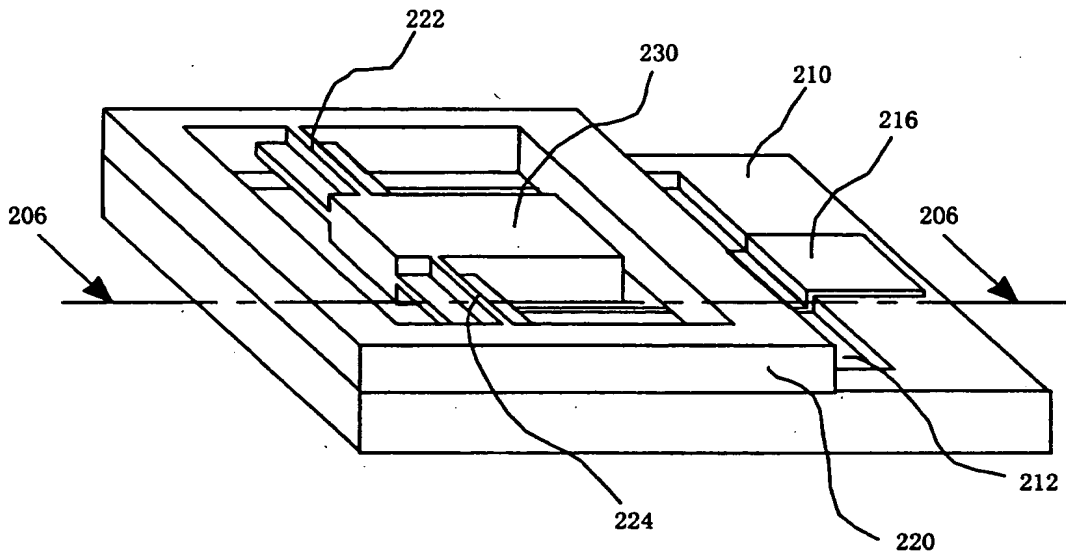
【図 7】



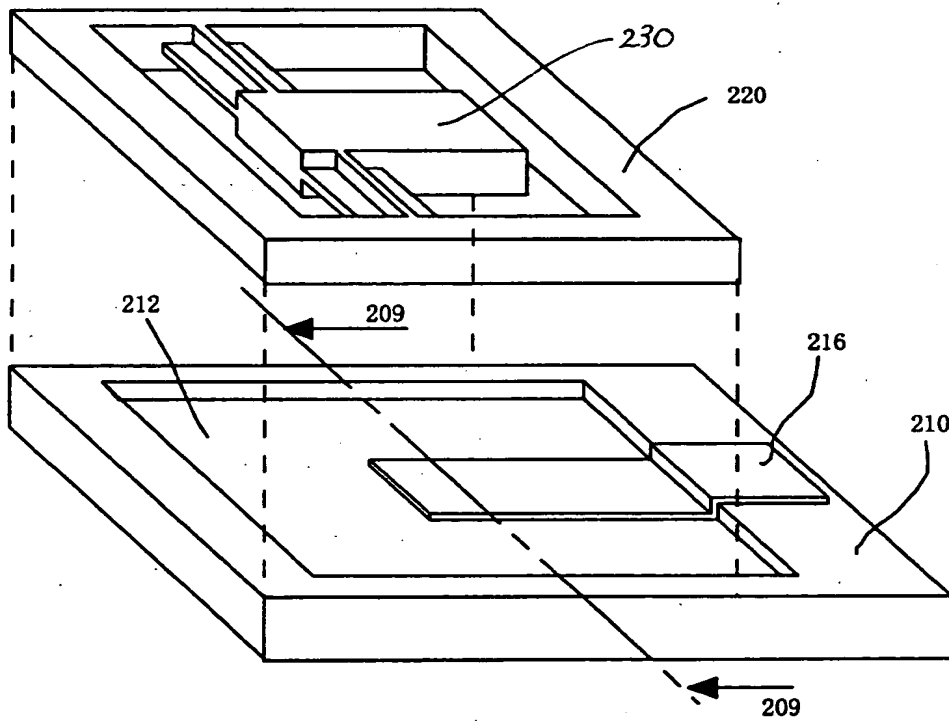
【図 8】



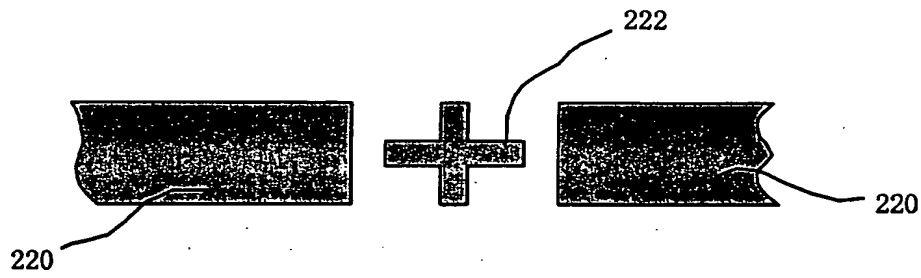
【図 9】



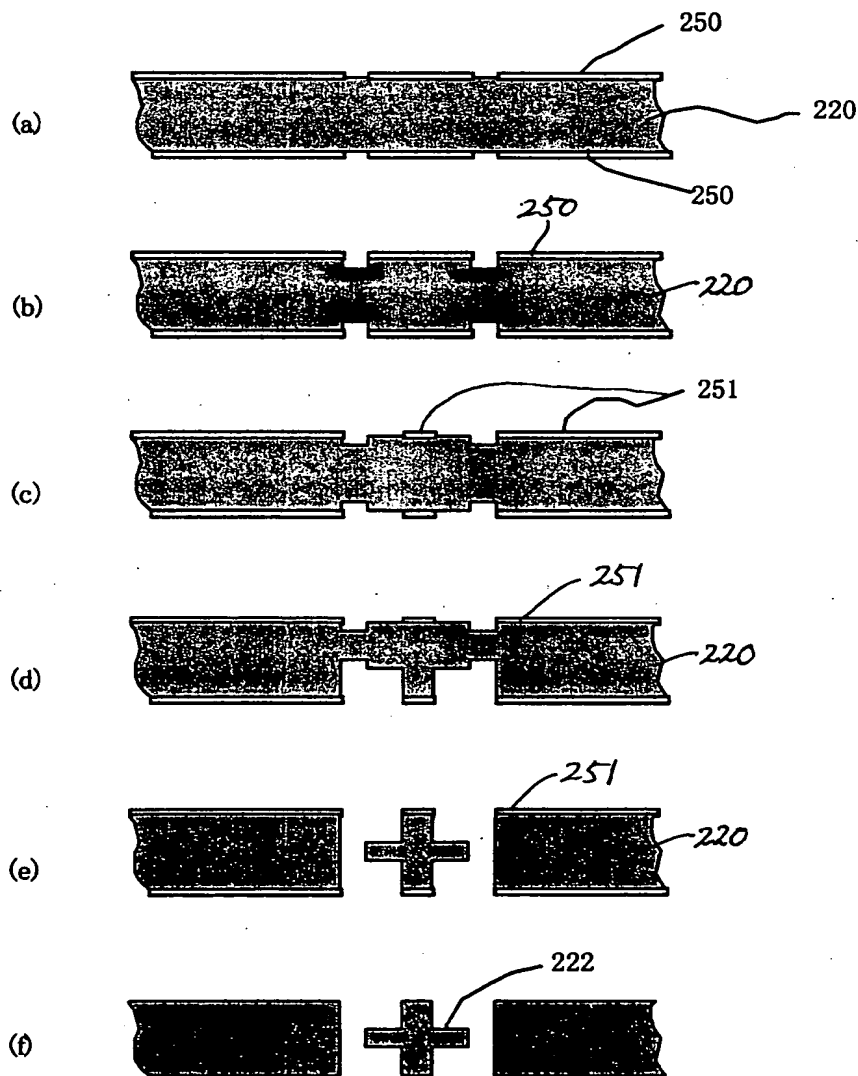
【図 10】



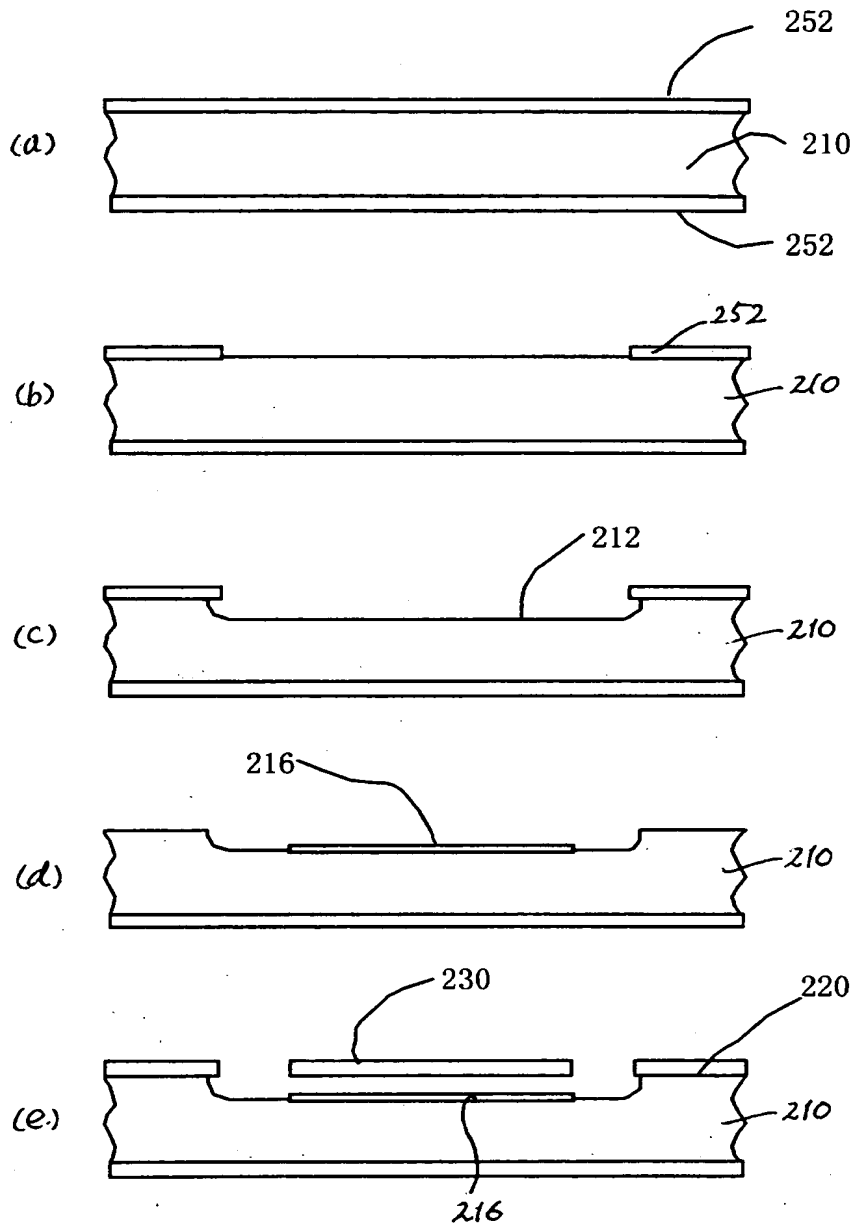
【図 1.1】



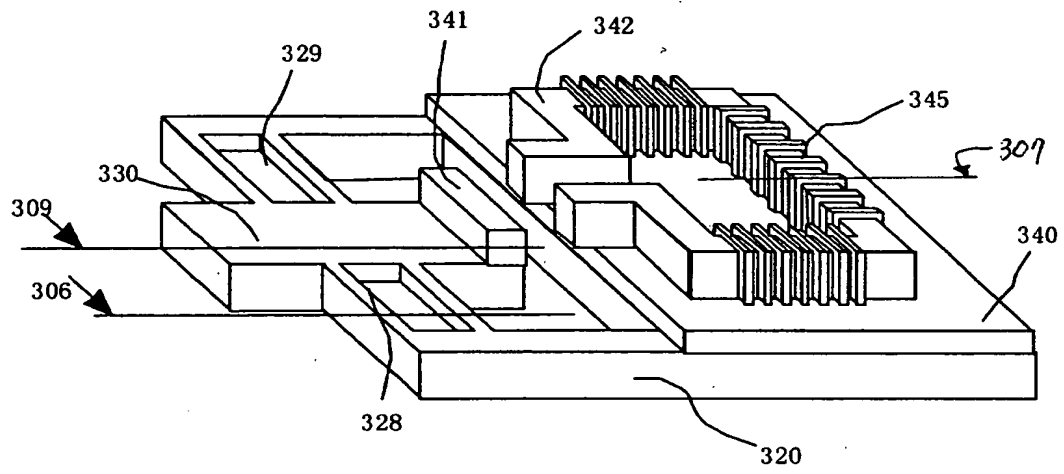
【図 1.2】



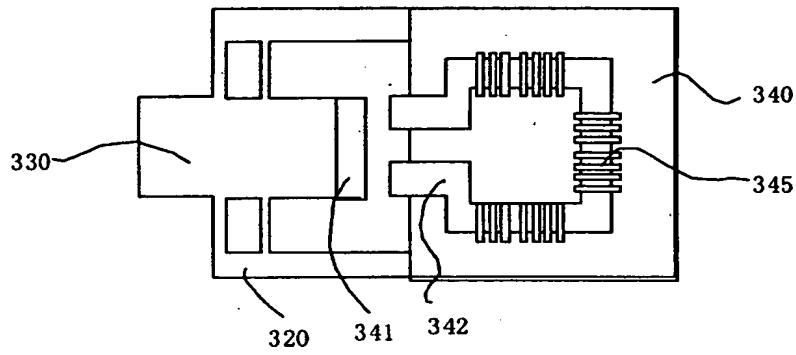
【図 1 3】



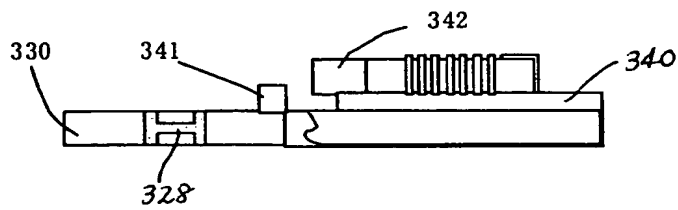
【図 1 4】



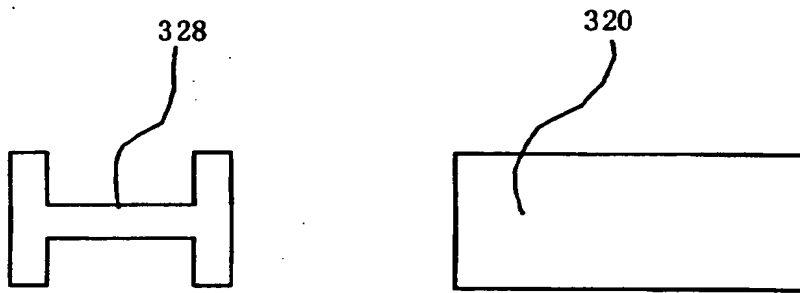
【図 1 5】



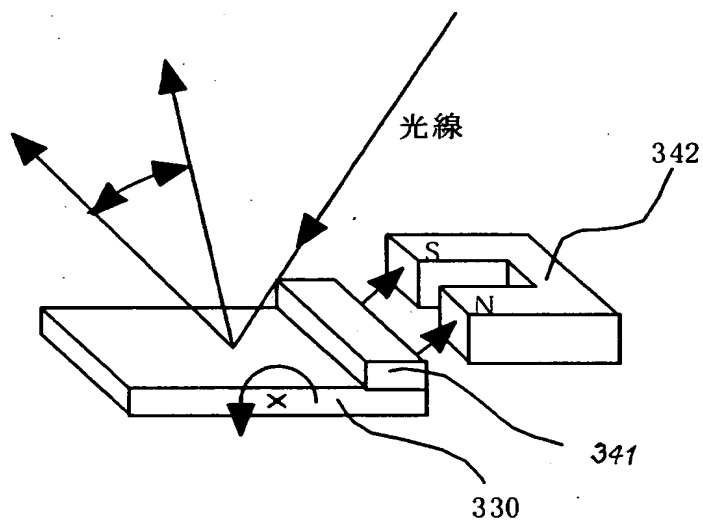
【図 1 6】



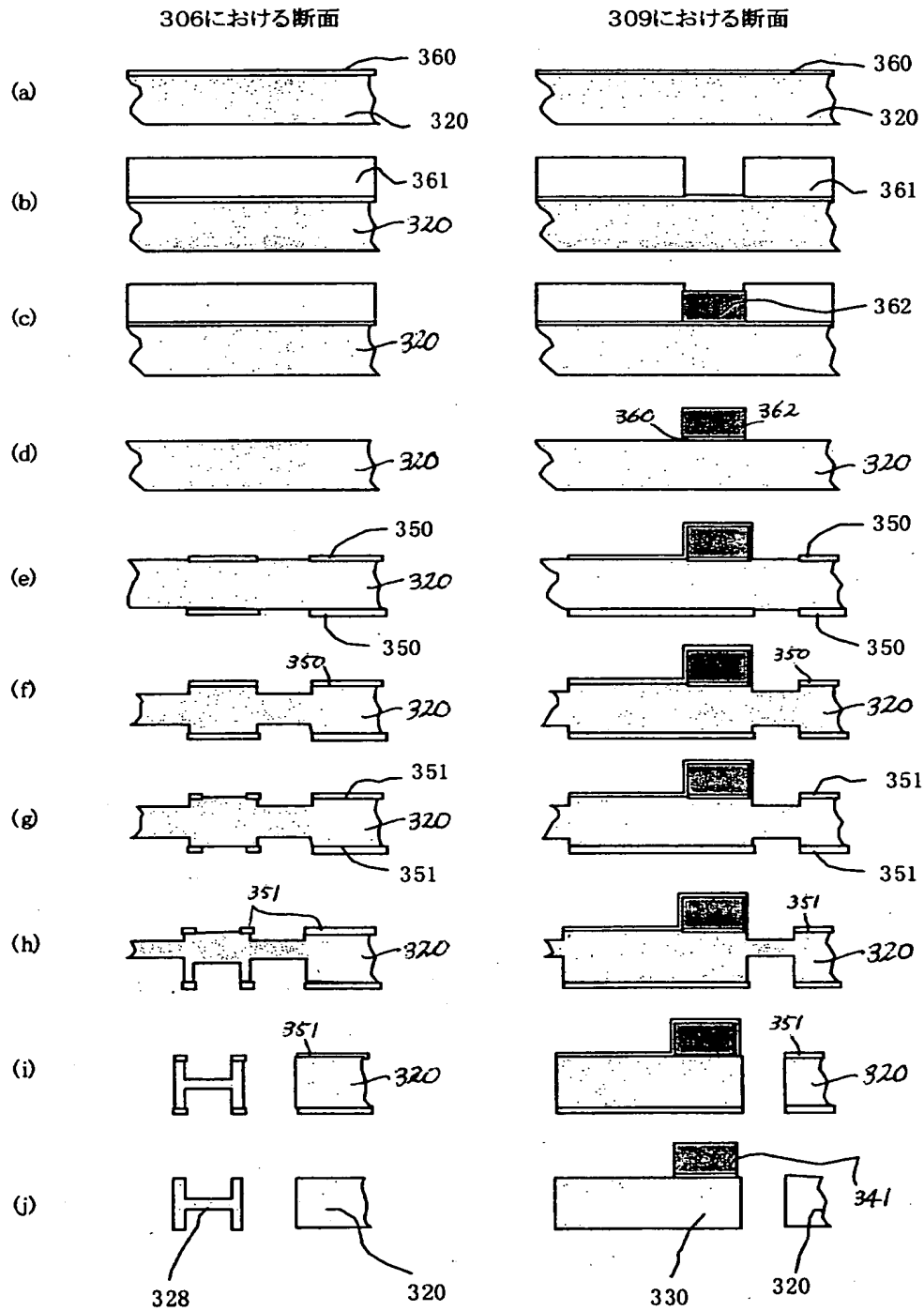
【図 1 7】



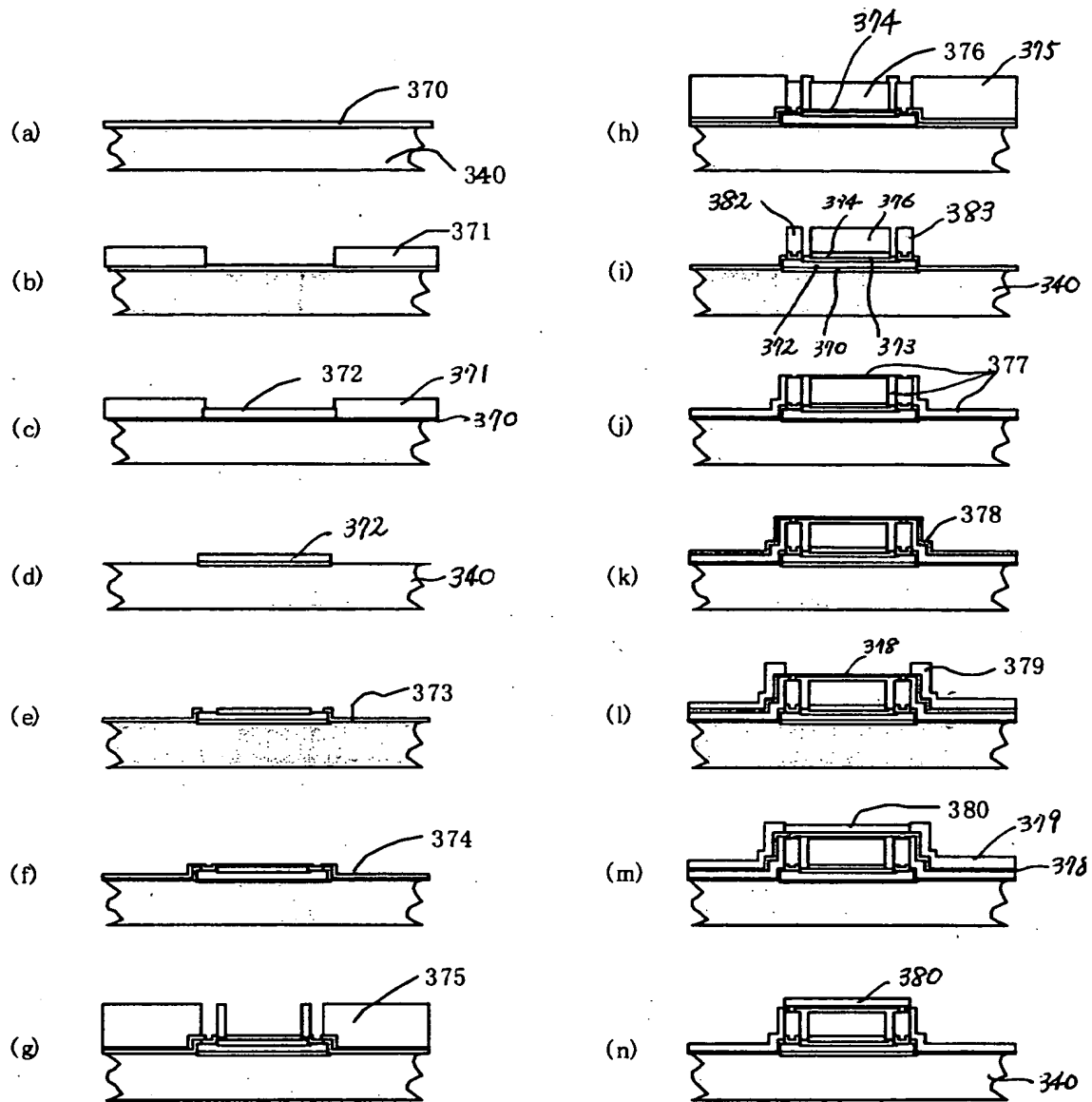
【図 1 8】



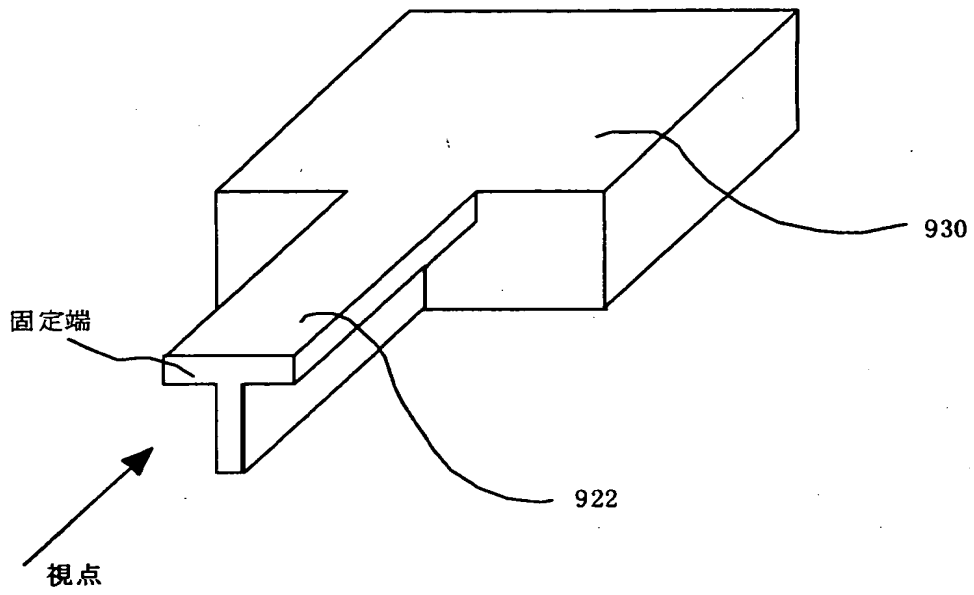
【図 19】



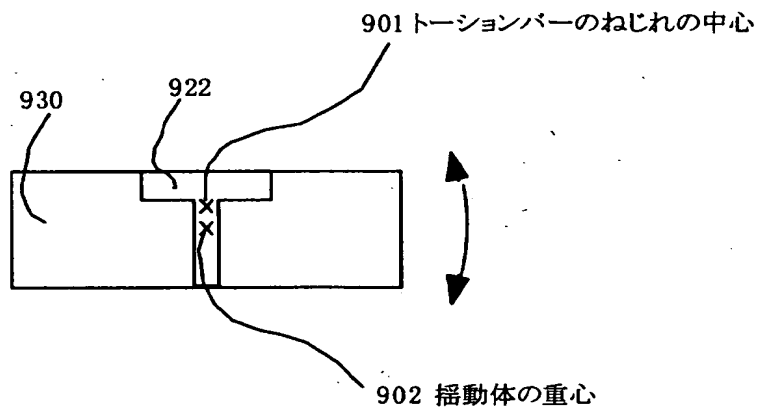
【図 2 0】



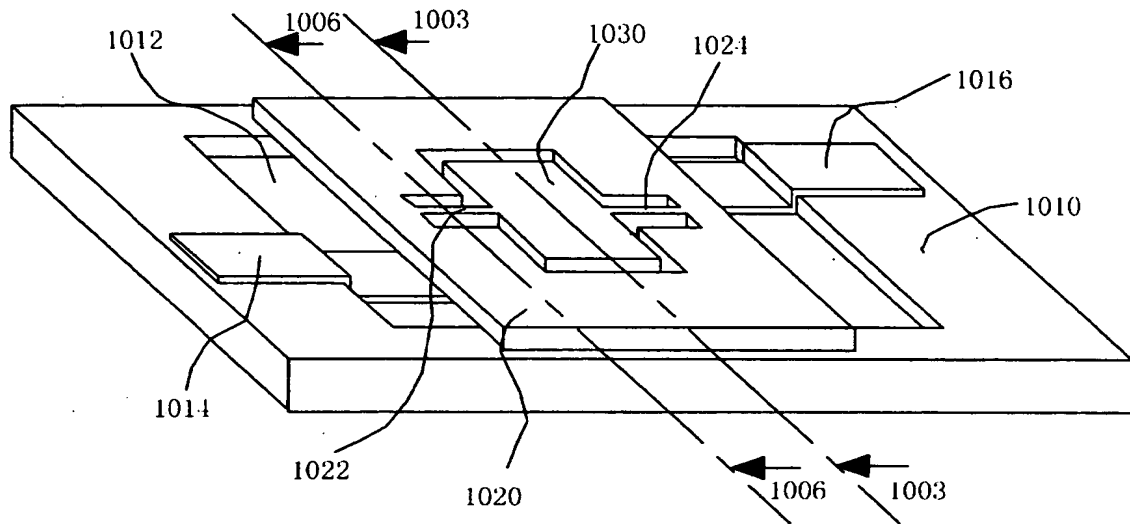
【図 2 3】



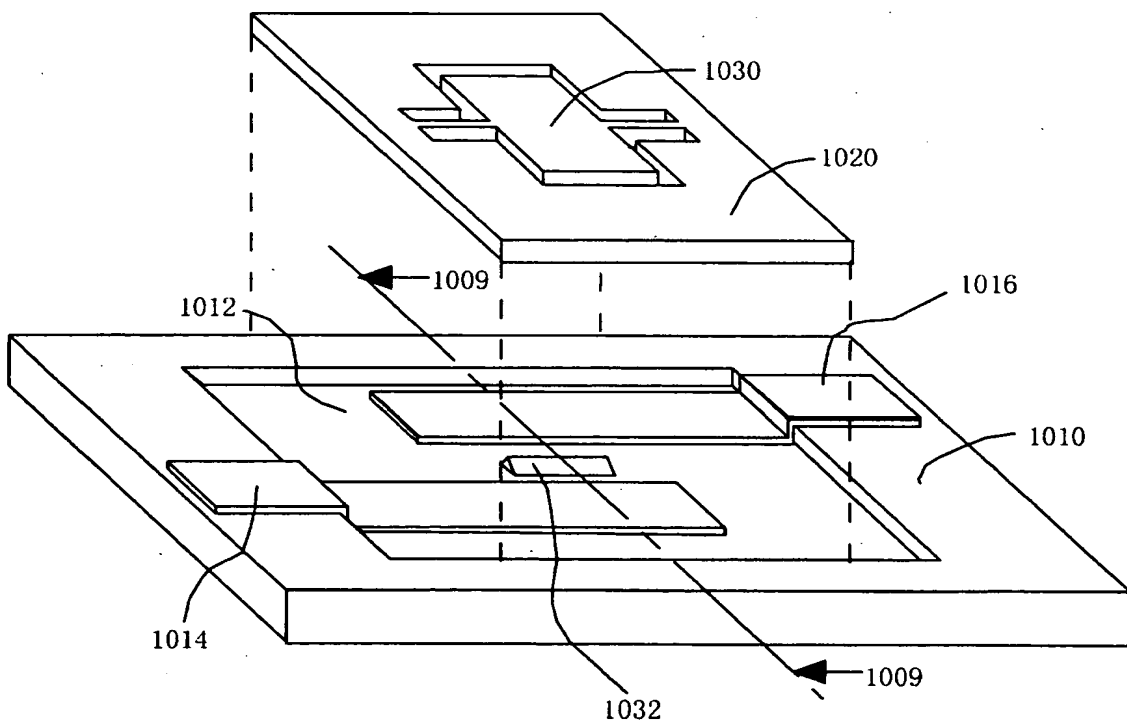
【図 2 4】



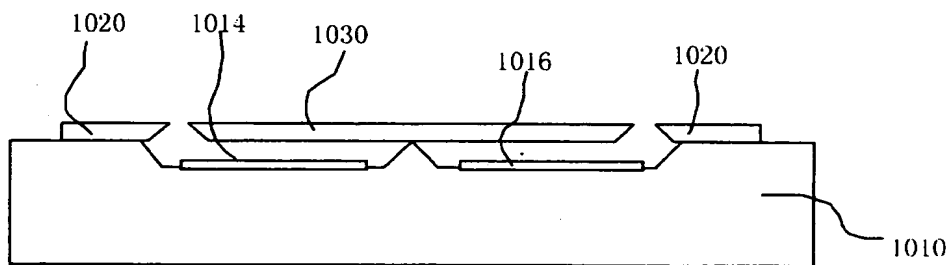
【図 25】



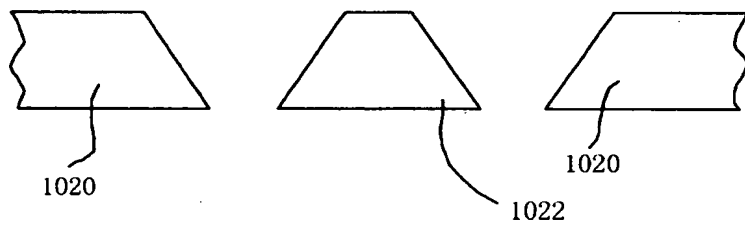
【図 26】



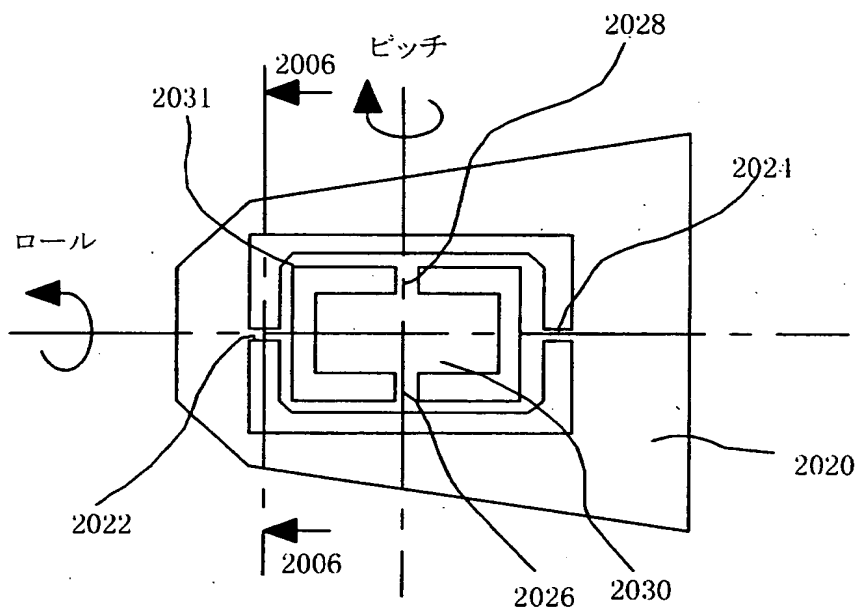
【図 2 7】



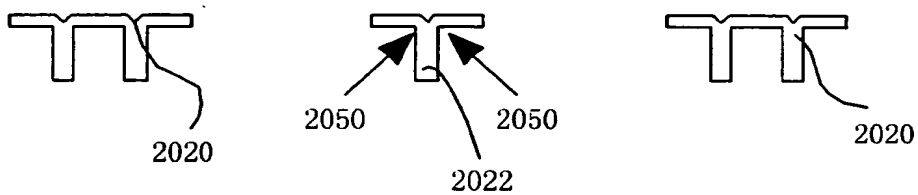
【図 2 8】



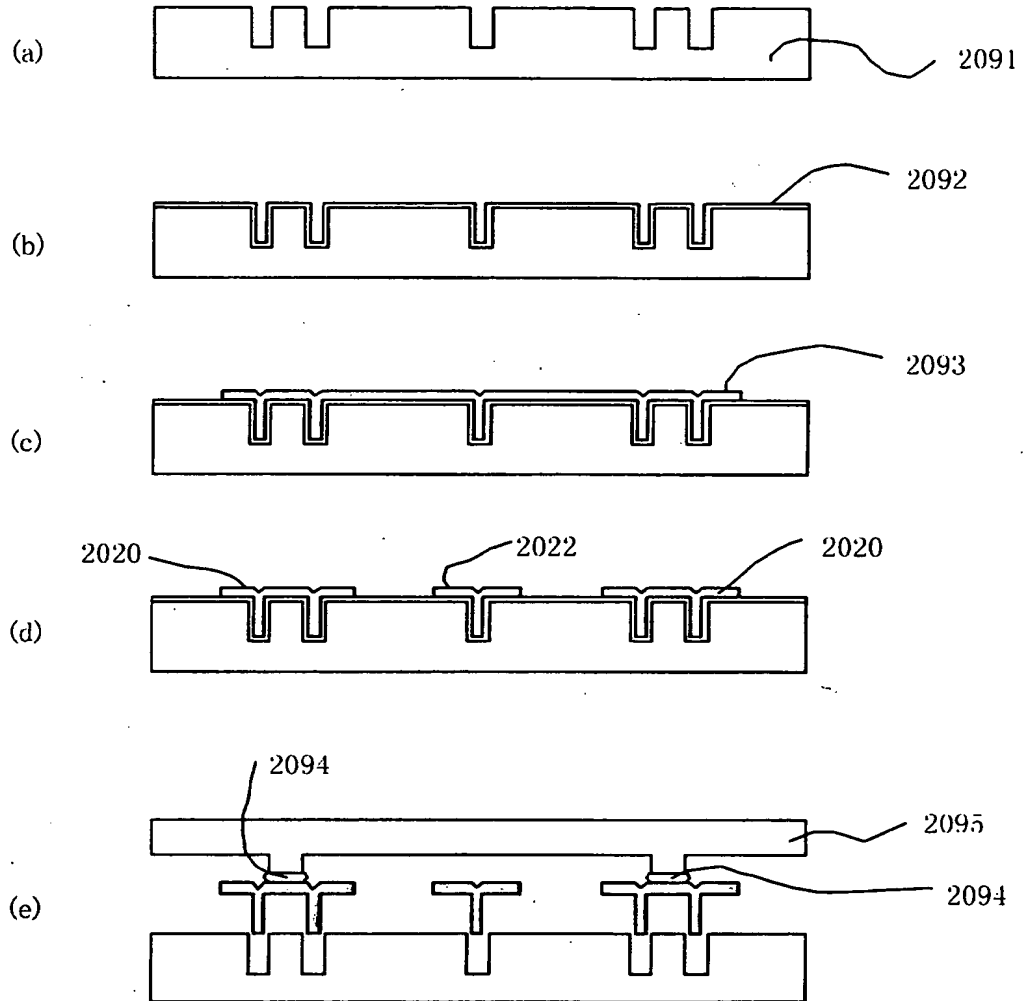
【図 2 9】



【図 3 0】



【図 3 1】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 比較的ねじれやすく、ねじれの軸に角度を成す方向に対して撓みにくいトーションスプリングで揺動自由に支持された揺動体を有するマイクロ構造体である。

【解決手段】 マイクロ構造体は、基板 1 2 0 と、少なくとも一つ以上の揺動体 1 3 0 を有し、揺動体 1 3 0 が 1 本以上のトーションスプリング 1 2 2、1 2 4 によって基板 1 2 0 に対して弾性的に揺動自由に支持されている。トーションスプリング 1 2 2、1 2 4 は、その長軸に垂直な面の断面形状が回転対称形状であり、且つ実質的に扁平な形状部分の組み合わせで構成され、扁平な形状部分は最も撓みやすい方向が交差するように配置されている。

【選択図】 図 1

認 定 ・ 付 加 情 報

特許出願の番号	特願 2 0 0 1 - 2 7 8 9 5 6
受付番号	5 0 1 0 1 3 5 2 4 5 8
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0 0 9 0
作成日	平成 1 3 年 9 月 1 9 日

< 認定情報・付加情報 >

【特許出願人】

【識別番号】	000001007
【住所又は居所】	東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号
【氏名又は名称】	キヤノン株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】	100086483
【住所又は居所】	千葉県東葛飾郡沼南町大津ヶ丘 3 - 1 7 - 1 0 - 6 0 2
【氏名又は名称】	加藤 一男

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001007]

1. 変更年月日	1990年 8月30日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都大田区下丸子3丁目30番2号
氏 名	キャノン株式会社